

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

MARIO HENRIQUE DREHMER

**ARRANJOS E POPULAÇÕES DE PLANTAS E SUA INFLUÊNCIA EM
CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E NA PRODUTIVIDADE DE FEIJÃO**

**PONTA GROSSA - PR
2015**

MARIO HENRIQUE DREHMER

**ARRANJO E POPULAÇÕES DE PLANTAS E SUA INFLUÊNCIA EM
CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E NA PRODUTIVIDADE DE FEIJÃO**

Dissertação apresentada ao curso de pós-graduação de Agronomia da Universidade Estadual de Ponta Grossa como requisito a obtenção ao título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Jeferson Zagonel

**PONTA GROSSA - PR
2015**

Ficha Catalográfica
Elaborada pelo Setor de Tratamento da Informação BICEN/UEPG

D772 Drehmer, Mario Henrique
Arranjo e populações de plantas e sua
influência em características agronômicas
e na produtividade de feijão/ Mario
Henrique Drehmer. Ponta Grossa, 2015.
58f.

Dissertação (Mestrado em Agronomia -
Área de Concentração: Agricultura),
Universidade Estadual de Ponta Grossa.
Orientador: Prof. Dr. Jeferson Zagonel.

1.Phaseolus vulgaris. 2.Componentes da
produção. 3.Espaçamento. 4.Densidade de
semeadura. I.Zagonel, Jeferson. II.
Universidade Estadual de Ponta Grossa.
Mestrado em Agronomia. III. T.

CDD: 635.652



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

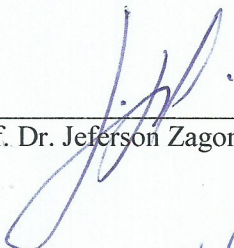
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

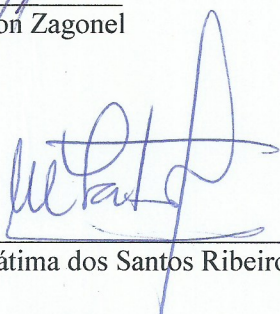
Título da Dissertação: **“Arranjos e populações de plantas e sua influência em características agrônômicas e na produtividade de feijão”.**

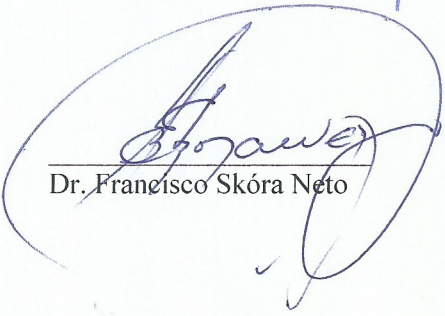
Nome: Mario Henrique Drehmer

Orientador: Jeferson Zagonel

Aprovado pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. Jeferson Zagonel

Dr.ª Maria de Fátima dos Santos Ribeiro

Dr. Francisco Skóra Neto

Data da Realização: 21 de dezembro de 2015.

A Deus pela vida, sabedoria e proteção.

*A minha amada esposa Mônica e aos nossos filhos, fontes de inspiração e motivação
para superar todos os desafios.*

*Aos meus pais Teresinha Monteiro Drehmer e Aldino Drehmer (in momorium), por
me incentivarem sempre.*

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Universidade Estadual de Ponta Grossa, por oferecer e possibilitar a realização do mestrado próximo a minha família e do meu trabalho e acima de tudo com muita qualidade.

Ao meu orientador Prof. Dr. Jeferson Zagonel, pela orientação ao longo deste trabalho, pelos ensinamentos, paciência e amizade.

A Fazenda Escola e seus funcionários, pelo pronto atendimento sempre que necessário.

A toda a minha família, em especial a minha esposa Mônica Regina de Medeiros Drehmer pelo apoio, paciência e por ser minha principal incentivadora. Também aos nossos filhos que em muitos momentos, mesmo sem ainda compreenderem, abriram mão da minha presença.

A todos aqueles que de alguma forma participaram na condução e realização deste trabalho.

RESUMO

A produtividade da cultura do feijão pode ser substancialmente afetada pelo espaçamento entre fileiras e a densidade de semeadura. Com o objetivo de avaliar a influência de diferentes densidades de semeadura e espaçamentos entre fileiras nos componentes de produção e na produtividade da cultura do feijão, realizaram-se quatro experimentos, diferindo pela cultivar e época de semeadura, no município de Ponta Grossa, PR, nos anos de 2013 e 2014. O delineamento experimental utilizado nas duas épocas (águas e secas) e nas duas cultivares (IPR-Uirapuru e IPR-Tangará) foi de blocos casualizados, em esquema fatorial (2 X 5), espaçamentos de 22,0 e 45,0 cm entre fileiras com densidades de 5, 8, 11, 14 e 17 plantas por metro de fileira. Foram avaliados os componentes da produção e a produtividade de grãos da cultura. Na primeira época de semeadura, em ambas as cultivares observou-se que a diminuição do espaçamento entre fileiras resultou na redução do número de vagens por planta e número de grãos por vagem, enquanto que a massa de mil grãos foi pouco afetada pelas variações de arranjos populacionais. Nas duas cultivares foram observadas diferenças de produtividade entre as densidades de semeadura, entretanto, somente na cultivar IPR-Uirapuru ocorreu diferença entre os espaçamentos, em que, a produtividade foi menor no espaçamento de 45 cm entre fileiras somente na densidade de cinco plantas por metro linear. Na segunda época de semeadura os componentes da produção e a produtividade foram afetados pelo arranjo de plantas, sendo que esta influência foi menor sobre a massa de mil grãos. Na segunda época de semeadura não foram observadas diferenças de produtividade para as cultivares em função do espaçamento entre fileiras. Nesta época, somente a cultivar IPR-Tangará apresentou diferença de produtividade entre as densidades de semeadura. Para as duas cultivares semeadas tanto na primeira quanto na segunda época, densidades de 11 a 14 plantas por metro linear, que é a recomendação para a cultura obtiveram as melhores produtividades, enquanto que a redução do espaçamento entre fileiras não ofereceu benefícios, pois não aumentou a produtividade das cultivares e exigiria um maior investimento em sementes e possíveis adaptações de máquinas para o espaçamento reduzido. As recomendações de espaçamento e densidade podem ser utilizadas tanto na primeira como na segunda época de cultivo.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*; componentes da produção, espaçamento, densidade de semeadura.

ABSTRACT

The bean crop yield can be substantially affected by row spacing and sowing density. Aiming to evaluate the effect of different plant populations and row spacing in the yield components and bean crop yield, there were four experiments, differing by cultivars type and sowing time in the city of Ponta Grossa, PR, in the years 2013 and 2014. The experimental design in both sowing time (water and dry) and two cultivars (IPR-Uirapuru and IPR-Tangara) was a randomized block in a factorial scheme (2 x 5), two spacing (22 and 45 cm between rows) with five densities (5, 8, 11, 14, 17 plants per row meter). It was evaluated the components of yield and yield of crop. In the first sowing time in both cultivars it was observed that the reduction of row spacing resulted in reducing the number of pods per plant and number of grains per pod, while the thousand grain weight was little affected by variations in arrangements population. In both cultivars yield differences were observed between seeding rates, however, only the cultivar IPR-Uirapuru had difference between the spacings. The yield was lower in the spacing of 45 cm between rows only in 5 plants per meter density. In the second sowing time the yield components and crop yield were affected by plant spacing, and this influence was less about the weight of a thousand grains. In the second sowing time was not observed yield differences for cultivars depending on the row spacing. At this time, only the IPR-Tangara showed yield differences between the plant densities. For both cultivars, in the first and the second sowing time, 11-14 plants per meter, which is the recommendation for culture, obtained the best yields, while reducing the spacing between rows did not offer benefits because it did not increase cultivars yields and require greater investment in seeds and possible machine adaptations for reduced spacing. The spacing and density of recommendations can be used in both sowing time.

Keywords: *Phaseolus vulgaris*; yield components, row spacing, planting density.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Número de vagens por planta na cultivar IPR-Uirapuru, cultivado na época das águas em função de diferentes densidades de semeadura nos espaçamentos de 22,5 e 45,0 cm. Ponta Grossa, PR, 2013.	32
Figura 2. Número de vagens por plantas na cultivar IPR-Tangará, cultivado na época das águas em função de diferentes densidades de semeadura nos espaçamentos de 22,5 e 45,0 cm. Ponta Grossa, PR, 2013.	33
Figura 3. Número de grãos por vagem na cultivar IPR-Tangará, cultivado na época das águas em função de diferentes densidades de semeadura nos espaçamentos de 22,5 e 45,0 cm. Ponta Grossa, PR, 2013.	35
Figura 4. Número de grãos por vagem na cultivar IPR-Uirapuru, cultivado na época das águas em função de diferentes densidades de semeadura na média dos espaçamentos de 22,5 e 45,0 cm. Ponta Grossa, PR, 2013.	36
Figura 5. Massa de mil grãos (MMG) na cultivar IPR-Tangará, cultivado na época das águas em função de diferentes densidades de semeadura nos espaçamentos de 22,5 e 45,0 cm. Ponta Grossa, PR, 2013.	38
Figura 6. Massa de mil grãos (MMG) na cultivar IPR-Uirapuru, cultivado na época das águas em função de diferentes densidades de semeadura nos espaçamentos de 22,5 e 45,0 cm. Ponta Grossa, PR, 2013.	38
Figura 7. Produtividade da cultivar IPR-Tangará, cultivado na época das águas em função de diferentes densidades de semeadura nos espaçamentos de 22,5 e 45,0 cm. Ponta Grossa, PR, 2013.	41
Figura 8. Produtividade da cultivar IPR-Uirapuru, cultivado na época das águas em função de diferentes densidades de semeadura nos espaçamentos de 22,5 e 45,0 cm. Ponta Grossa, PR, 2013.	41
Figura 9 - Número de vagens por planta da cultivar IPR-Uirapuru, cultivado na época das secas em função de diferentes densidades de semeadura (média dos espaçamentos de 22,5 e 45,0 cm). Ponta Grossa, PR, 2014.	43
Figura 10. Número de vagens por planta da cultivar IPR-Tangará, cultivado na época das secas em função de diferentes densidades de semeadura (média dos espaçamentos de 22,5 e 45,0 cm). Ponta Grossa, PR, 2014.	43

Figura 11. Número de grãos por vagem da cultivar IPR-Uirapuru, cultivado na época das secas em função de diferentes densidades de semeadura nos espaçamentos de 22,5 e 45,0 cm. Ponta Grossa, PR, 2014.	45
Figura 12. Número de grãos por vagem da cultivar IPR-Tangará, cultivado na época das secas em função de diferentes densidades de semeadura nos espaçamentos de 22,5 e 45,0 cm. Ponta Grossa, PR, 2014.	46
Figura 13. Massa de mil grãos da cultivar IPR-Uirapuru, cultivado na época das secas em função de diferentes densidades de semeadura nos espaçamentos de 22,5 e 45,0 cm. Ponta Grossa, PR, 2014.	47
Figura 14. Massa de mil grãos da cultivar IPR-Tangará, cultivado na época das secas em função de diferentes densidades de semeadura nos espaçamentos de 22,5 e 45,0 cm. Ponta Grossa, PR, 2014.	48
Figura 15. Produtividade (kg.ha^{-1}) da cultivar IPR-Uirapuru, cultivado na época das secas em função de diferentes densidades de semeadura nos espaçamentos de 22,5 e 45,0 cm. Ponta Grossa, PR, 2014.	50
Figura 16. Produtividade (kg.ha^{-1}) da cultivar IPR-Tangará, cultivado na época das secas em função de diferentes densidades de semeadura nos espaçamentos de 22,5 e 45,0 cm. Ponta Grossa, PR, 2014.	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Número de vagens por planta das cultivares IPR-Uirapuru e IPR-Tangará semeadas na primeira época ou das águas em função de espaçamentos entre fileiras e do número de plantas na fileira. Ponta Grossa, PR, 2013.	32
Tabela 2. Número de grãos por vagem das cultivares IPR-Uirapuru e IPR-Tangará plantadas na primeira época ou das águas em função de espaçamentos entre fileiras e do número de plantas na fileira. Ponta Grossa, PR, 2013.	35
Tabela 3. Massa de mil grãos (g) das cultivares IPR-Uirapuru e IPR-Tangará plantadas na primeira época ou das águas em função de espaçamentos entre fileiras e do número de plantas na fileira. Ponta Grossa, PR, 2013.....	37
Tabela 4. Produtividade (kg.ha^{-1}) das cultivares IPR-Uirapuru e IPR-Tangará plantadas na primeira época ou das águas em função de espaçamentos entre fileiras e do número de plantas na fileira. Ponta Grossa, PR, 2013.....	40
Tabela 5. Número de vagens por planta das cultivares IPR-Uirapuru e IPR-Tangará plantadas na segunda época ou das secas em função de espaçamentos entre fileiras e do número de plantas na fileira. Ponta Grossa, PR, 2014.	42
Tabela 6. Número de grãos por vagem das cultivares IPR-Uirapuru e IPR-Tangará plantadas na segunda época ou das secas em função de espaçamentos entre fileiras e do número de plantas na fileira. Ponta Grossa, PR, 2014.	45
Tabela 7. Massa de mil grãos (g) das cultivares IPR-Uirapuru e IPR-Tangará plantadas na segunda época ou das secas em função de espaçamentos entre fileiras e do número de plantas na fileira. Ponta Grossa, PR, 2014.....	47
Tabela 8. Produtividade (kg.ha^{-1}) das cultivares IPR-Uirapuru e IPR-Tangará plantadas na segunda época ou das secas em função de espaçamentos entre fileiras e do número de plantas na fileira. Ponta Grossa, PR, 2014.....	49

SUMÁRIO

1 . INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	14
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1. A CULTURA DO FEIJÃO.....	15
3.1.1. ORIGEM	15
3.1.2. CARACTERÍSTICAS DA CULTURA.....	16
3.2. O FEIJÃO NO BRASIL	17
3.3. ÉPOCA DE SEMEADURA	18
3.4. MORFOLOGIA.....	18
3.4.1. HÁBITOS DE CRESCIMENTO	19
3.4.2. VARIABILIDADE NA COR DO TEGUMENTO.....	21
3.5. ETAPAS DE DESENVOLVIMENTO DA PLANTA DE FEIJÃO	21
3.6. COMPONENTES DE PRODUÇÃO.....	22
3.7. ARRANJOS POPULACIONAIS	23
3.7.1. ESPAÇAMENTO	24
3.7.2. DENSIDADE POPULACIONAL	24
4. MATERIAL E MÉTODOS	27
4.1. LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO	27
4.1.1. CARACTERIZAÇÃO DE CLIMA E SOLO	27
4.2. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	27
4.3. TRATAMENTOS.....	27

4.4. DESCRIÇÃO DAS CULTIVARES	28
4.4.1. IPR-Uirapuru	28
4.4.2. IPR-Tangará	28
4.5. TRATOS CULTURAIS	29
4.5.1. PRIMEIRA ÉPOCA.....	29
4.5.2. SEGUNDA ÉPOCA.....	29
4.6. AVALIAÇÕES	30
4.6.1. COMPONENTES DE PRODUÇÃO	30
4.7. ANÁLISE ESTATÍSTICA	30
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
5.1. PRIMEIRA ÉPOCA DE SEMEADURA OU ÉPOCA DAS ÁGUAS	31
5.2. SEGUNDA ÉPOCA DE SEMEADURA OU ÉPOCA DAS SECAS.....	42
6. CONCLUSÕES.....	51
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
ANEXO 1.....	57
ANEXO 2.....	58

1. INTRODUÇÃO

O feijão é fonte básica de proteína e carboidratos para grande parcela da população brasileira. A cultura tem grande importância social e econômica com interesse quase que exclusivamente no mercado interno, já que o Brasil é o maior produtor e consumidor desta fabácea no mundo (EPAGRI, 2102).

O grande interesse em otimizar a produtividade das culturas tem promovido o uso de um manejo intensivo onde são adotadas práticas como semeadura na época indicada, dose e momento de aplicação adequado de fertilizantes, controle de pragas e doenças, assim como o arranjo e população de plantas (RODRIGUES et al., 2003).

Uma das primeiras práticas a ser considerada ao estudar a adaptação de uma espécie a uma condição de cultivo é o arranjo de plantas, pela alteração que proporciona no microclima, na disponibilidade de luz, nutrientes, água, temperatura, entre outros fatores (JAUER et al., 2002). O arranjo populacional pode ser alterado com a variação da densidade de plantas na fileira de semeadura e pelo espaçamento entre as fileiras de semeadura. Quando se altera o arranjo de plantas, o tamanho e forma da área disponível para cada planta é modificado e isso pode alterar a competição intraespecífica por água, nutrientes e por radiação solar.

Assim como em outras culturas, o feijão pode ser influenciado por alterações no espaçamento entre fileiras de semeadura (STONE & PEREIRA 1994) e pela densidade populacional (SHIMADA et al, 2000). Os ajustes nos componentes de produção em função de diferentes espaçamentos ocorrem para adequar o número de grãos por unidade de área, possivelmente determinado pela disponibilidade de fotoassimilados. Dessa maneira, o conhecimento das respostas das cultivares, especialmente as mais recentemente lançadas, a diferentes populações de plantas torna-se importante para a seleção, avaliação e recomendações de manejo do cultivo, com vistas ao aproveitamento máximo do potencial produtivo de um genótipo (DIDONET & COSTA, 2004).

O número de vagens e o número de grãos por planta são os componentes de produção mais afetados por variações na densidade de plantas na fileira de semeadura e pelo espaçamento entre fileiras. Porém, tais variações nem sempre estão relacionadas com a produtividade de grãos (SHIMADA et al., 2000).

Além disso, sabe-se que o pacote tecnológico foi desenvolvido em sua imensa maioria por pesquisas conduzidas durante a primeira safra de feijão. Devido à concentração das pesquisas na primeira época de semeadura, o setor produtivo tem utilizado na segunda época

de semeadura, ou época das secas, as mesmas recomendações de práticas culturais da primeira época. (JAUER et al., 2002).

Nesse sentido, observa-se na cultura do feijão a necessidade da realização de estudos envolvendo arranjos populacionais, incluindo espaçamentos e densidades de semeadura distintas, a fim de verificar a interferência destes na produtividade e nos componentes de produção de cultivares de feijão. Além disso, é de suma importância verificar se os resultados obtidos para o cultivo do feijão na safra das águas são válidos para a safra das secas.

2. OBJETIVOS

Verificar a influência de diferentes espaçamentos e densidades de plantas na fileira de semeadura sobre os componentes da produção e produtividade de duas cultivares de feijão em duas épocas distintas de semeadura.

Observar se há uma combinação adequada dos espaçamentos e das diferentes densidades de plantas na fileira na produtividade e em seus componentes de duas cultivares de feijão.

Verificar se os resultados de produtividade e componentes de produção obtidos com a variação dos espaçamentos entre fileiras e densidades na primeira época podem ser utilizados na segunda época de cultivo.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. A CULTURA DO FEIJÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é um dos componentes mais importantes da dieta alimentar do brasileiro, por ser reconhecidamente uma excelente fonte de proteínas, além de possuir bom conteúdo de carboidratos, vitaminas, minerais, fibras e compostos fenólicos com ação antioxidante que podem reduzir a incidência de doenças. A maioria das cultivares de feijão apresenta em torno de 25% de proteína, que é rica no aminoácido essencial lisina, mas pobre nos aminoácidos sulfurados. Essa deficiência, contudo, é suprida pelo consumo dessa fabácea com alguns cereais, especialmente o arroz, o que torna a tradicional dieta brasileira, o arroz com feijão, complementar, no que se refere aos aminoácidos essenciais (EMBRAPA 2005).

3.1.1. ORIGEM

Existem inúmeras hipóteses que explicam a origem e domesticação da planta de feijão. Tipos selvagens encontrados no México e a existência de tipos domesticados, datados de cerca de 7.000 A.C. na Mesoamérica, suportam a hipótese de que o feijão teria sido domesticado na Mesoamérica e disseminado posteriormente pela América do Sul. Por outro lado, achados arqueológicos mais antigos, cerca de 10.000 A.C., de feijões domesticados na América do Sul são indícios de que o feijão teria sido domesticado na América do Sul e transportado posteriormente para a América do Norte. Dados mais recentes, com base em padrões eletroforéticos de faseolina, sugerem a existência de três centros primários de diversidade genética, tanto para espécies silvestres como cultivadas: o mesoamericano, que se estende desde o sudeste dos Estados Unidos até o Panamá, tendo como zonas principais o México e a Guatemala; o sul dos Andes, que abrange desde o norte do Peru até as províncias do noroeste da Argentina; e o norte dos Andes, que abrange desde a Colômbia e Venezuela até o norte do Peru. Além destes três centros americanos primários, podem ser identificados vários outros centros secundários em algumas regiões da Europa, Ásia e África, onde foram introduzidos genótipos americanos (EMBRAPA, 2007).

O gênero *Phaseolus* originou-se das Américas e possui cerca de 55 espécies, das quais cinco são cultivadas: *P. vulgaris* L. (Feijão Comum), *P. lunatus* L. (Feijão Espadinho, Feijão Verde), *P. coccineus* L. (Feijão-da-Espanha, Feijão-de-sete-anos), *P. acutifolius* A. Gray var. *latifolius* Freeman e *P. polyanthus* Greenman. Destas o feijão-comum, *Phaseolus vulgaris*, é o

mais importante, por ser a espécie cultivada mais antiga e também a mais utilizada nos cinco continentes (DEBOUCK, 1993).

O feijão está entre os alimentos mais antigos, remontando aos primeiros registros da história da humanidade. Era cultivado no antigo Egito e na Grécia, sendo também cultuados como símbolo da vida. Os antigos romanos usavam extensivamente feijão nas suas festas gastronômicas, utilizando-os até mesmo como pagamento de apostas. Foram encontradas referências aos feijões na Idade do Bronze, na Suíça e entre os hebraicos, cerca de 1.000 A.C. As ruínas da antiga Tróia revelam evidências de que os feijões eram o prato favorito dos robustos guerreiros troianos. A maioria dos historiadores atribui a disseminação dos feijões no mundo em decorrência das guerras, uma vez que esse alimento fazia parte essencial da dieta dos guerreiros em marcha. Os grandes exploradores ajudaram a difundir o uso e o cultivo de feijão para as mais remotas regiões do planeta (EMBRAPA, 2007).

3.1.2. CARACTERÍSTICAS DA CULTURA

Cultivado por pequenos e grandes produtores, em diversos sistemas de produção e em todas as regiões brasileiras, o feijão comum reveste-se de grande importância econômica e social. Dependendo da cultivar e da temperatura ambiente, pode apresentar ciclos variando de 65 a 100 dias, o que o torna uma cultura apropriada para compor, desde sistemas agrícolas intensivos irrigados e altamente tecnificados, até aqueles com baixo uso tecnológico, principalmente de subsistência. As variações observadas na preferência dos consumidores orientam a pesquisa tecnológica e direcionam a produção e comercialização do produto, pois as regiões brasileiras são bem definidas quanto à preferência do grão de feijão consumido. Algumas características como a cor, o tamanho e o brilho do grão podem determinar o seu consumo, enquanto a cor do halo pode também influenciar na comercialização. Os grãos menores e opacos são mais aceitos que os maiores e que apresentam brilho (EMBRAPA, 2003).

O feijão preto é mais popular no Rio Grande do Sul, Santa Catarina, sul e leste do Paraná, Rio de Janeiro, sudeste de Minas Gerais e sul do Espírito Santo. No restante do país este tipo de grão tem pouco ou quase nenhum valor comercial ou aceitação. O feijão de grãos tipo carioca são aceitos em praticamente todo o Brasil, daí que 53% da área cultivada é semeada com este tipo de grão. O feijão mulatinho é mais aceito na Região Nordeste e o tipo roxo e rosinha são mais populares nos Estados de Minas Gerais e Goiás. Centenas de cultivares de feijão são cultivadas no Brasil e normalmente possuem sementes pequenas,

embora possam também ser encontradas, em algumas regiões, tipos de tamanho médio e grande, como os feijões enxofre, jalo e mulatinho com estrias vermelhas (Chita Fina e Bagajó), e também branco importado. (EMBRAPA, 2003)

Graças às suas comprovadas propriedades nutritivas, o feijão é altamente desejável como componente em dietas de combate à fome e à desnutrição. Ademais, ocorre uma interessante complementação proteica quando o feijão é combinado com cereais, especialmente o arroz, proporcionando, em conjunto, os oito aminoácidos essenciais ao nosso organismo. Além do seu conteúdo proteico, o elevado teor de fibra alimentar, com seus reconhecidos efeitos hipocolesterolêmico e hipoglicêmico, aliado às vitaminas (especialmente do complexo B) e aos carboidratos, tornam o seu consumo altamente vantajoso como alimento funcional, representando importante fonte de nutrientes, de energia e atuando na prevenção de distúrbios cardiovasculares e vários tipos de câncer (EMBRAPA, 2003).

3.2. O FEIJÃO NO BRASIL

O Brasil é o maior produtor mundial de feijão, com produção média anual de 3,5 milhões de toneladas. Produto típico da alimentação brasileira é cultivado por pequenos e grandes produtores em todas as regiões. Os maiores estados produtores são o Paraná, que colheu 808,9 mil toneladas na safra 2013/2014 e Minas Gerais, com produção de 574,9 mil toneladas no mesmo período (CONAB, 2015).

A produtividade média de feijão no Brasil gira em torno de 1.026 kg.ha^{-1} (CONAB, 2015) considerada baixa, visto que a maioria das cultivares apresenta potencial produtivo superior a 3.000 kg.ha^{-1} .

O consumo nacional tem variado entre 3,3 e 3,6 milhões de toneladas em razão da disponibilidade interna e dos preços praticados no mercado, que levam o consumidor a adquirir mais ou menos produto. O Brasil importou nas safras 2012 e 2013 pouco mais de 300 mil toneladas em cada ano. Já em 2014, com a quebra da safra chinesa e com a consequente diminuição de disponibilidade do grão, os preços se elevaram, dificultando sua aquisição e desta maneira, as importações brasileiras se reduziram a 135,9 mil toneladas, quase totalmente da Argentina, nosso principal fornecedor.

Nos últimos anos a área média cultivada no Brasil ficou em 3,3 milhões de hectares, e a produção média em torno de 3,4 milhões de toneladas. A produção de feijão cores representou cerca de 70% do volume produzido, a de feijão preto 20,1%, e a de feijão caupi

10,4%. O feijão cores está distribuído de forma uniforme nas três safras anuais. O feijão preto concentra-se no sul do País, com 76% da produção brasileira, sendo 54,1% oriundas da 1ª safra. O feijão caupi, cultivado na Região Nordeste e no Estado do Mato Grosso concentra-se na 2ª safra, à exceção da produção do Estado da Bahia (CONAB 2015).

3.3. ÉPOCA DE SEMEADURA

A definição das épocas de semeadura da cultura do feijão para diferentes regiões é resultante de vários fatores, tais como: temperatura, balanço hídrico, tipo de solo e ciclo das cultivares. As épocas indicadas para a semeadura do feijão referem-se aos períodos nos quais a probabilidade de obter boas produtividades é maior. A cultura do feijão é pouco tolerante a fatores extremos de ambiente (EPAGRI, 2012).

O calendário de colheita é organizado da seguinte forma:

- 1ª Safra (safra da águas) - colheita de novembro a março - concentração nas Regiões Sul, Sudeste, Goiás, Piauí e Bahia.
- 2ª safra (safra das secas) - colheita de abril a julho - concentração nas Regiões Nordeste, Sul, Sudeste, Mato Grosso, Rondônia e Goiás.
- 3ª safra – (safra de inverno) - Colheita de agosto a outubro - concentração em Minas Gerais, Goiás, São Paulo, Bahia, Pará, Pernambuco e Alagoas (CONAB, 2015).

3.4. MORFOLOGIA

A planta de feijão é formada por uma raiz principal, da qual se desenvolvem raízes secundárias, terciárias e outras. O caule é o eixo principal da planta, possuindo os nós, que são os pontos de inserção das folhas e dos quais saem as ramificações ou ramos. O caule é constituído por vários nós e entrenós. Saem do caule ramos primários e destes originam-se os secundários e assim por diante. Nos nós se encontram três gemas denominada triada, que podem ser de três tipos, vegetativo, floral e vegetativo e completamente floral. Em cada nó existe uma folha trifoliada e uma inflorescência que resulta num racimo com vagens, esse conjunto é denominado de unidade de produção. A planta de feijão possui dois tipos de folhas, simples e compostas. As únicas folhas simples são as primárias, já presentes no embrião. As demais folhas são trifoliadas. A flor do feijão é formada por cálice e corola. O cálice é verde e a corola é composta de cinco pétalas que podem ser brancas, rosadas ou violáceas. O estandarte é a pétala maior e as asas são as duas menores. As outras duas,

soldadas uma a outra, formam a quilha. A quilha é retorcida, em forma de espiral e no seu interior se encontram o androceu e o gineceu, que são os órgãos masculino e feminino, respectivamente. O androceu é formado de dez estames, sendo nove aderentes pelo filete e um livre. O gineceu é unicarpelar, com ovário estreito e alongado. Os óvulos se encontram, em fileira, dentro do ovário. Na extremidade superior do estilete se encontra o estigma que possui pelos na face inferior, úteis para reter os grãos de pólen, por ocasião da polinização. As flores das plantas de feijão não são isoladas, são agrupadas em uma haste que sustenta os botões florais. Esse conjunto é a inflorescência floral ou racimo floral. O fruto é uma vagem formada por duas partes (denominadas valvas), uma superfície superior e outra inferior. Pode ter uma forma reta, arqueada ou recurvada e a ponta ou extremidade (denominada ápice), ser arqueada ou reta. A cor pode ser uniforme ou não, isto é, pode apresentar estrias de outra cor e variar de acordo com o grau de maturação (vagem imatura, madura e completamente seca), podendo ser verde, verde com estrias vermelhas ou roxas, vermelha, roxa, amarela, amarela com estrias vermelhas ou roxas (SILVA, 2015).

3.4.1. HÁBITOS DE CRESCIMENTO

O feijão pode apresentar duas formas de crescimento: determinado e indeterminado. O hábito de crescimento determinado caracteriza-se por ter o caule e os ramos laterais terminando em uma inflorescência (inflorescência terminal) e possuir um número limitado de nós; a floração inicia-se do ápice para a base da planta (SILVA, 2015).

O hábito indeterminado é caracterizado por possuir um caule principal com crescimento contínuo, numa sucessão de nós e entrenós; as inflorescências são axilares, isto é, desenvolvem-se nas axilas das folhas e a floração inicia-se da base para o ápice da planta. Condições do ambiente podem influenciar o hábito de crescimento do feijão, que deve ser avaliado durante a floração e a maturação fisiológica (SILVA, 2015).

Os hábitos de crescimento são agrupados e caracterizados em quatro tipos principais:

Tipo I: hábito de crescimento determinado, arbustivo, porte de planta ereto, gemas terminais reprodutivas no caule principal e nos ramos e nenhuma produção de nó no caule principal, depois que começa o florescimento. As cultivares apresentam inflorescência nas gemas apicais e laterais e altura em torno de 50 cm. Normalmente o período de floração é curto e a maturação tende a ser uniforme.

Tipo II: hábito de crescimento indeterminado, arbustivo, caule pouco ramificado, gemas terminais vegetativas no caule principal e nos ramos, nos quais ocorre produção de nós depois

que começa o florescimento, ramos eretos que nascem nos nós inferiores do caule principal, planta ereta com dossel relativamente compacto e desenvolvimento variável dos ramos dependendo das condições ambientais e do genótipo. Apresentam um pequeno crescimento da gema apical com poucas e curtas ramas laterais. A altura média de planta é de 70 cm, e a maturação das vagens é uniforme. São ideais para a colheita mecanizada.

Tipo III: hábito de crescimento indeterminado, gemas terminais vegetativas no caule principal e nos ramos, nos quais ocorre produção de nós depois que começa o florescimento, ramificação relativamente forte com número variável de ramos prostrados oriundos dos nós inferiores; planta prostrada que se espalha e apresenta desenvolvimento dos ramos extremamente variável com tendência ao hábito trepador. O florescimento normalmente inicia-se na parte inferior da planta. As ramas laterais são numerosas e semidesenvolvidas. As vagens apresentam na maturação uma relativa desuniformidade. A altura das hastes principais pode atingir até 120 cm.

Tipo IV: hábito de crescimento indeterminado com gemas terminais vegetativas no caule principal e ramos, forte produção de nós no caule principal após o início do florescimento; ramos pouco desenvolvidos quando comparados ao caule principal; apresenta hábito trepador. Devido a isso a utilização de suportes pode ser imprescindível para a máxima produção. O florescimento, normalmente, inicia-se na parte inferior da planta. São as variedades trepadoras, com poucas ramas laterais, porém, a haste principal atinge mais de 2 m de comprimento. São mais adaptadas para semeadura consorciada e para colheita manual (SILVA, 2015).

As características mais importantes que identificam os quatros tipos são: crescimento determinado com ramos eretos, no tipo I; crescimento indeterminado com ramos eretos, no tipo II; crescimento indeterminado e planta prostrada, no tipo III; e crescimento indeterminado com grande capacidade trepadora, no tipo IV (SILVA, 2015).

Tipos intermediários entre II e III, e entre III e IV podem ocorrer. Também o ambiente pode afetar o hábito de crescimento (SILVA, 2015).

3.4.2. VARIABILIDADE NA COR DO TEGUMENTO

A cor do tegumento do grão apresenta ampla variabilidade de cores. O tegumento pode ser de cor uniforme ou possuir mais de uma cor, distribuídas em forma de estrias, pontuações ou manchas. Pode ser de cor brilhante, opaca ou apresentar nuances. As diferenças das características externas apresentadas pelos grãos são usadas para classificar os feijões em tipos comerciais: como carioca, preto, mulatinho, roxo entre outros (SILVA, 2015).

3.5. ESTÁDIOS FENOLÓGICOS DA CULTURA

A escala de desenvolvimento da planta de feijão divide o ciclo biológico da planta nas fases vegetativas e reprodutivas. De acordo com a escala proposta por FERNANDEZ et al, 1982, estas fases, por sua vez são subdivididas em dez etapas. A fase vegetativa (V) é constituída das etapas V0, V1, V2, V3 e V4 e a reprodutiva (R), das etapas R5, 56, R7, R8 e R9. Quando a semente é colocada em condições de germinar, tem início o período vegetativo, que continua até o aparecimento do primeiro botão floral nos cultivares de habito de crescimento determinado, ou a primeira inflorescência, nos cultivares de hábito indeterminado (FERNANDEZ et al., 1982).

A fase vegetativa inicia-se com a etapa V0 (germinação), onde ocorre absorção de água pela semente, emissão da radícula e sua transformação em raiz primária.

A etapa posterior, V1 corresponde à emergência e caracteriza-se pelo surgimento, na superfície do solo, do hipocótilo encurvado, arrastando os cotilédones, presos no primeiro nó da haste principal, caracterizando uma germinação do tipo epígea.

Na etapa V2 as folhas primárias e unifolioladas encontram-se em posição horizontal e totalmente abertas. Simultaneamente, a primeira folha trifoliolada, situada no terceiro nó da planta, inicia-se sua abertura e crescimento.

A etapa V3 ocorre quando a primeira folha trifoliada encontra-se completamente aberta.

Na etapa V4 a terceira folha trifoliada está completamente aberta. Nesta etapa, observa-se o desenvolvimento das primeiras hastes secundárias, que se originam das gemas axilares dos nós inferiores, e a mais desenvolvida já exhibe a sua primeira folha trifoliada.

A primeira etapa reprodutiva R5 (Pré-floração), prolonga-se até a abertura da primeira flor, durando cerca de dez dias.

A floração, ou etapa R6, é o período que inicia com a abertura da primeira flor e termina com a queda da corola, expondo a primeira vagem em início de desenvolvimento.

A etapa R7 é considerada a fase de formação das vagens, iniciando-se com a exposição da primeira vagem após a queda da corola da primeira flor fecundada.

A etapa R8 ou de enchimento de grãos, inicia-se após a primeira vagem ter atingido seu comprimento máximo e corresponde ao período em que as sementes apresentam o crescimento mais pronunciado, até atingir seu tamanho final. O final dessa etapa é determinado pela mudança de cor dos grãos, de verde para a cor característica da cultivar.

A última etapa da fase reprodutiva é maturação ou R9 e compreende desde o início de descoloração das vagens, amarelecimento e queda das folhas, principalmente as mais velhas, até a seca total da planta (EPAGRI, 2012).

3.6. COMPONENTES DE PRODUÇÃO

Na cultura do feijão a produtividade de grãos é altamente correlacionada com os componentes da produção: número de vagens por planta, número de grãos por planta e massa de grãos (COSTA; ZIMMERMANN, 1988). Segundo Casquero et al., 2006, dependendo das condições em que o feijão for implantado, pode ocorrer variação nos componentes da produção, facilitando a manutenção da estabilidade produtiva.

Os três principais componentes que definem a produtividade da cultura do feijão são: número de vagens por planta, número de grãos por vagem e massa dos grãos. O número de vagens é determinado pela população de plantas, pelo número de flores por planta e pelo número de flores que efetivamente desenvolvem vagens (RAMOS JUNIOR et al., 2005). Os componentes da produção são determinados pelo genótipo e são influenciados pelas condições ambientais ocorrentes durante o ciclo da cultura, pelas práticas culturais adotadas durante a implantação e condução da lavoura e pelo nível tecnológico adotado (BEZERRA et al., 2007; KAPPES et al., 2008). A planta de feijão pode ter efeito compensatório na produção de grãos, com a diminuição do número de vagens e de grãos por planta de feijão e do aumento da massa dos grãos, em resposta ao aumento da população de plantas por área. No feijão, o efeito compensatório nos componentes de produção foi observado quando esta cultura foi submetida à densidade de plantas menores que a recomendada (SHIMADA et al., 2000).

3.7. ARRANJOS POPULACIONAIS

Devido à alta importância na implantação da lavoura de feijão, o arranjo populacional é assunto de grande interesse da pesquisa, pois quando implantado de forma inadequada pode comprometer o desenvolvimento e posterior produtividade das plantas. No planejamento de semeadura, a escolha do melhor arranjo populacional deve levar em conta, além da cultivar a ser utilizada, o efeito da época de semeadura, do sistema de produção e da operacionalidade.

O arranjo populacional se inter-relaciona com diversos outros fatores, como penetração de luz no dossel; necessidade de adubação; manejo de doenças, de insetos-praga e de plantas daninhas; disponibilidade de água e época de semeadura. Além disso, está diretamente relacionado à quantidade de sementes utilizadas por hectare e à qualidade do grão colhido. Desta forma, com as mudanças cada vez mais frequentes nos sistemas de produção e das cultivares utilizadas existe a necessidade constante de avaliação das diferentes opções de arranjos populacionais visando obter o máximo de produtividade com o menor custo de produção e o menor impacto ambiental, contribuindo para a sustentabilidade do feijão dentro do agronegócio brasileiro (SILVA et al 2008).

Diversos experimentos envolvendo espaçamentos e densidades de semeadura têm sido conduzidos no Brasil. Embora espaçamentos reduzidos apontem para produtividades maiores, estes não têm sido recomendados pois dificultam os tratos culturais e geram maior gasto com sementes. As cultivares precoces de hábito de crescimento determinado e eretos, são as que mais respondem em produção aos espaçamentos entre fileiras menores. Os espaçamentos mais amplos, de 40 a 50 cm, têm sido indicados com densidade de 10 a 15 sementes por metro linear, resultando em populações entre 200 e 375 mil plantas por hectare, mas, em geral, procura-se obter cerca de 250 mil plantas por hectare (VIEIRA, 2004).

Segundo Souza et al. (2002), o feijão é uma planta com muita plasticidade e capacidade de compensação entre plantas e pode produzir satisfatoriamente numa faixa de população bastante ampla, chegando a uma variação de 100 a 400 mil plantas.ha⁻¹.

Sabe-se que a produtividade máxima da cultura pode ser alcançada em uma ampla faixa de população de plantas. Já a partir de 185 mil plantas.ha⁻¹ pode-se ter a máxima produtividade devido a capacidade compensatória dos componentes de produção. Abaixo desse valor, a produtividade correlaciona-se positivamente com a população de plantas, sem a possibilidade de compensação (STONE & SILVEIRA, 2008).

Com o desenvolvimento de novas cultivares e a grande diversidade de ambientes para os quais são indicadas e cultivadas, deve-se ter uma atenção especial no planejamento de implantação da cultura, levando-se em conta as possíveis combinações de espaçamentos entre fileiras e número de plantas por metro linear, o hábito de crescimento e a operacionalidade de semeadura.

3.7.1. ESPAÇAMENTO

Entre as tecnologias que podem ser adotadas com vistas a aumentar a produtividade do feijão, o estudo do comportamento da cultura em função do espaçamento é algo que pode contribuir sobremaneira neste sentido, já que alterar o espaçamento entre fileiras na semeadura é uma prática simples, que pode trazer bons resultados ao produtor, porém é necessário entender os efeitos dessas alterações de espaçamento no desempenho da cultura (ALVES et al. 2009).

Vários aspectos são influenciados pela distribuição espacial de plantas na cultura do feijão, como o controle de plantas daninhas, o controle de pragas e doenças, o acamamento, o gasto de sementes, o aproveitamento de água, nutrientes e energia (TEIXEIRA et al. 1999).

As características da cultivar, como porte e ramificação e também as condições do ambiente afetam a capacidade de compensação da planta. O fato de a planta compensar os espaços faz com que uma grande amplitude de variação de espaçamentos e densidades populacionais, muitas vezes resulte em produtividades estatisticamente iguais. Também permite que a recomendação de espaçamento entre fileiras para semeadura da cultura varie, em geral entre 0,4 e 0,6 m, podendo a amplitude dessa variação ser menor ou maior em alguns casos (EMBRAPA, 2005).

Segundo Didonet e Costa (2004) o número de vagens e de grãos por planta são fortemente afetados por variações no espaçamento entre fileiras, embora essas variações possam não afetar diretamente a produtividade.

Segundo Bennet et al. (1977), na fase reprodutiva o número de vagens por planta é o primeiro a ser definido, e em seguida o número de grãos por vagem.

3.7.2. DENSIDADE POPULACIONAL

Os componentes de produção são limitados por fatores genéticos, mas podem variar em função de densidades populacionais, ou seja, tem-se um valor máximo que um componente pode atingir em função das características genéticas da cultivar. Portanto, a

adoção de densidades apropriadas para cada cultivar pode fazer com que se tenham condições favoráveis de a cultura expressar um valor bastante próximo desse ponto de máximo para cada componente. Importante ressaltar que o primeiro componente de produção é o número de plantas por hectare, por isso é fundamental que se trabalhe com a densidade adequada para permitir que os demais componentes possam ser expressos (STONE & SILVEIRA, 2008).

Para Jadoski et al. 2000, o número de vagens por planta e o número de grãos por vagem apresentam grande plasticidade em função de população de plantas em feijão irrigado, podendo populações menores compensar a produtividade tendo uma média de produção maior por planta. Mas segundo Arf et al. (1996), o número de grãos por vagem é uma característica de alta herdabilidade e este fato permite esperar que não hajam variações no valor deste componente em função apenas de alterações na densidade populacional. Didonet e Costa (2004) e Aphalo et al. (1999), relatam que o aumento do número de plantas por metro, em um mesmo espaçamento faz com que a distribuição de vagens na planta seja alterada, aumentando a quantidade de vagens na parte superior da planta, o que facilita a colheita mecanizada pois tende a reduzir as perdas neste processo. Jauer et al. (2006), descrevem que o número de vagens por planta é o componente mais influenciável em função da densidade populacional. Para Alves et al. (2009), o aumento da densidade de plantas faz com que se reduza o número de vagens por planta, observando o mesmo efeito ao avaliar o número de grãos por vagem, porém, a redução destes valores nem sempre resulta em queda da produtividade.

O índice de área foliar sempre tende a possuir um valor maior a partir da fase de desenvolvimento das vagens até a maturação e isso é primordial para a definição da produtividade da cultura, visto que a captação de radiação é maior, o que deve aumentar a massa de mil grãos (SILVA et al., 2007). Alterações na densidade populacional podem acarretar em modificações na área foliar, podendo influenciar positivamente na interceptação de radiação solar, fazendo com que a planta acumule mais matéria seca, ou seja, pode aumentar a massa de grãos, à medida que se aumenta a interceptação luminosa (PORRAS et al., 1997).

Definir a quantidade de sementes a ser utilizada em função da população desejada no planejamento da lavoura promove o uso mais eficiente de sementes, o que pode acarretar em economia, além disso, faz com que a planta tenha um melhor desenvolvimento fisiológico, tendendo a maximizar a produção da cultura (CANOVAS; TRINDADE, 2003). Shimada et al. (2000) apontam que a baixa produtividade média da cultura do feijão no Brasil se deve à

inadequação das densidades populacionais utilizadas para as cultivares de porte ereto e semi-ereto, principalmente. Enquanto Arf et al. (1996), afirmam que com a utilização de baixas populações de plantas a produção por planta é maximizada e em altas populações a produção por planta é reduzida, e concluem que com a utilização da população ideal pode-se alcançar a máxima produtividade da cultura.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi instalado na Fazenda Escola da Universidade Estadual de Ponta Grossa, no município de Ponta Grossa, Paraná, região Campos Gerais, localizada a 25°05'42'' de latitude sul, 50°09'43' de longitude leste e altitude de 969 m. A instalação dos experimentos ocorreu em duas épocas distintas, sendo a primeira em 06/11/2013, caracterizando a primeira época de semeadura, ou feijão das águas e a segunda semeadura em 14/02/2014, caracterizando a segunda época de semeadura, ou feijão das secas.

4.1.1. CARACTERIZAÇÃO DE CLIMA E SOLO

Segundo Koppen, o clima do local é classificado como Cfb, clima temperado, com verões frescos, sem estação seca definida e temperatura média no mês mais frio abaixo de 14°C e no mês mais quente abaixo de 24°C (IAPAR, 2013b). A precipitação média anual é de 1.600 mm a 1.800 mm (IAPAR, 2013a). Os dados temperatura e precipitação no decorrer dos experimentos estão descritos nos Anexos 1 e 2.

O solo é do tipo Cambissolo Háplico Tb distrófico típico (Embrapa, 2006), de textura argilosa.

4.2. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Nas duas épocas de semeadura os experimentos foram instalados com as cultivares de feijão IPR-Uirapuru e IPR-Tangará. O delineamento experimental adotado em cada uma das cultivares foi de blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 5 (espaçamento recomendado e reduzido x cinco densidades de semeadura), com 4 repetições. Cada parcela mediu 5,0 metros de comprimento e 3,0 metros de largura, totalizando 15,0 metros quadrados. Foram descartados 0,5 metros em cada extremidade da parcela bem como nas laterais totalizando uma área útil de 8,0 metros quadrados.

4.3. TRATAMENTOS

Os experimentos foram instalados com duas cultivares de feijão (IPR-Uirapuru e IPR-Tangará) em duas épocas de semeadura (águas e secas). Os tratamentos constaram do espaçamento recomendado (45,0 cm entre fileiras) e espaçamento reduzido (22,5 cm entre

fileiras) e de populações de plantas de 5, 8, 11, 14 e 17 plantas por metro linear. A semeadura foi realizada com uma plantadeira de discos marca Semeato. Para obtenção dos espaçamentos e densidades de plantas por metro pretendidos foi realizado o desbaste manual das parcelas, aos cinco dias após a emergência das plantas. O mesmo procedimento de semeadura e desbaste foi repetido nas duas épocas de semeadura, em ambas as cultivares.

4.4. DESCRIÇÃO DAS CULTIVARES

4.4.1. IPR-Uirapuru

Cultivar do IAPAR, do grupo preto, de ampla adaptação, registrada para cultivo a partir de julho de 2000. Apresenta hábito de crescimento arbustivo, indeterminado, tipo II, porte ereto, guias curtas, com possibilidade de colheita mecânica. O tempo médio até o florescimento é de 43 dias, o ciclo médio é de 86 dias da emergência a colheita. Apresenta-se como resistente à ferrugem, oídio e mosaico comum e suscetível à antracnose, crestamento bacteriano comum, murcha-de-curtobacterium, murcha de fusarium e mancha-angular. Tem apresentado boa tolerância a déficit hídrico e alta temperatura ocorridos durante a fase reprodutiva, também se mostra relativamente eficiente em condições de baixa disponibilidade de fósforo. As sementes apresentam tegumento preto, teor médio de proteína de 21% e tempo médio de cozimento de 28 minutos. O peso médio de mil sementes é de 246 g (IAPAR, 2015).

4.4.2. IPR-Tangará (IAPAR)

Cultivar do IAPAR pertencente ao grupo carioca, registrada para cultivo a partir de abril de 2008, e indicada no zoneamento agrícola de risco climático, para cultivo no estado do PR, e SP e em fase final de testes nos estados de RS, SC, GO e MT. Apresenta hábito de crescimento indeterminado, tipo II, plantas de porte ereto com guias longas e ciclo médio de 87 dias da emergência a colheita e potencial produtivo médio de 3.326 kg.ha⁻¹. Possui resistência ao mosaico comum, murcha de curtobacterium, murcha de fusarium e ferrugem e resistência moderada ao oídio e mancha-angular e suscetibilidade a antracnose e crestamento bacteriano comum. Apresenta tolerância intermediária a altas temperaturas e à seca ocorridas durante a fase reprodutiva. As sementes apresentam tegumento de cor bege clara com listras marrom-claras, tempo médio de cozimento de 28 minutos e teor médio de proteínas de 22%. O peso de mil sementes é de 290g.

4.5. TRATOS CULTURAIS

4.5.1. PRIMEIRA ÉPOCA

A semeadura das duas cultivares foi realizada sobre a palha de aveia, no dia 14/11/13, com espaçamento de 22,5 cm e a emergência ocorreu no dia 20/11/13. No momento da semeadura a adubação utilizada foi de 300 kg.ha⁻¹ de uma formulação comercial de 02-08-12. Foi realizada adubação de cobertura 21 dias após a emergência da cultura, utilizando 200 kg.ha⁻¹ a formulação 30-00-20.

Nas duas cultivares e nas duas safras, o tratamento de sementes foi realizado com imidacloprido + tiocarbe (CropStar) na dose de 700 mL 100.kg⁻¹ e difenoconazol (Spectro) na dose de 33,4 mL 100.kg⁻¹ de sementes. O controle de doenças foi feito com quatro aplicações, da seguinte forma: a primeira aplicação: trifloxistrobina + tebuconazol (Nativo) na dose de 600 mL ha⁻¹ do produto comercial; a segunda: hidróxido de fentina (Mertin) na dose de 1,0 L ha⁻¹ do produto comercial; terceira: aplicação de trifloxistrobina + protioconazol (Fox) na dose de 500 mL ha⁻¹ do produto comercial e a quarta também com trifloxistrobina + protioconazole (Fox) na dose de 500 mL ha⁻¹. Na primeira, na terceira e na quarta aplicação também foi aplicado óleo metilado de soja (Áureo) a 500 mL ha⁻¹. O intervalo entre cada aplicação foi de 13 dias.

O controle de pragas foi realizado com aplicações de imidacloprido + beta-ciflutrina (Connect) na dose de 0,5 L ha⁻¹ e lambda-cialotrina + tiametoxam (Engeo Pleno), na dose de 0,05 L ha⁻¹. Para o controle de plantas daninhas em pós-emergência foi realizada a aplicação de fomesafem (Flex) + bentazon (Basagran) nas doses de 0,6 e 0,6 L ha⁻¹, e de cletodim (Select) com 0,3 L ha⁻¹ adicionado de óleo mineral.

A dessecação pré-colheita foi feita com diquate (Reglone) a 1,5 L ha⁻¹.

4.5.2. SEGUNDA ÉPOCA

A semeadura das cultivares foi realizada sobre a palha de feijão, no dia 18/02/14, com espaçamento de 22,5 cm e a emergência ocorreu no dia 24/02/14. No momento da semeadura a adubação utilizada foi de 300 kg.ha⁻¹ de uma formulação comercial de 02-08-12. Foi realizada adubação de cobertura 20 dias após a emergência da cultura, utilizando 200 kg.ha⁻¹ a formulação 30-00-20.

Os tratamentos fitossanitários foram padronizados nas duas épocas de semeadura plantio para que fosse evitada a interferência das aplicações dos produtos. Nos resultados dos espaçamentos e densidades

4.6. AVALIAÇÕES

4.6.1. COMPONENTES DE PRODUÇÃO

Quando a cultura estava com aproximadamente 70% das folhas amarelas foi realizada a dessecação em pré-colheita e uma semana após foi realizada a colheita manual. Também foi realizada a coleta de plantas de um metro de fileira para avaliar os componentes de produção. A produtividade foi determinada a partir da colheita da área útil de cada parcela, acrescidas daqueles grãos separados para avaliar os componentes da produção, corrigindo a umidade para 13%. Para a avaliação dos componentes de produção foi realizada a contagem do número de vagens por planta, do número de grãos por vagem e a massa de mil grãos. Este procedimento foi repetido em todas as parcelas de ambas as cultivares.

4.7. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram submetidos à análise da variância pelo teste F e as diferenças entre as médias dos tratamentos, quando significativas, foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade para os espaçamentos entre fileiras e por regressão polinomial para as densidades de semeadura.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. PRIMEIRA ÉPOCA DE SEMEADURA OU ÉPOCA DAS ÁGUAS

O número de vagens por planta é, segundo Bennet et al., (1977), o primeiro componente de produção a ser definido na fase reprodutiva da cultura do feijão e já reflete a tentativa da planta de compensar o aumento de espaçamento entre fileiras, mas não necessariamente é suficiente para garantir produtividade maior como foi constatado por ARF et al., 1996 e nem sempre o número de vagens compensa a mudança do espaçamento como observado por JADOSKI et al., 2000.

Os resultados para número de vagens por planta são apresentados na Tabela 1. Para esse componente ocorreram interações significativas entre os espaçamentos e as densidades de semeadura em ambas as cultivares. O maior número de vagens foi obtido no espaçamento de 45,0 cm entre fileiras nas duas cultivares, confirmando o resultado encontrado por ARF et al. (1996) e também por JAUER et al. (2003), onde o número de vagens por planta e a população total de plantas apresentaram uma associação linear negativa, em que o número de vagens diminuiu conforme a população de plantas aumentou. Este aumento significativo do número de vagens por planta quando se aumenta o espaçamento e consequentemente reduz o número de plantas por área reflete a tendência de compensação que a cultura apresenta (BENNET et al, 1977).

O número de vagens por planta respondeu com uma equação linear decrescente nos dois espaçamentos testados para as densidades de semeadura, tanto na cultivar IPR-Uirapuru (Figura 1), quanto na cultivar IPR-Tangará (Figura 2).

Tabela 1. Número de vagens por planta das cultivares IPR-Uirapuru e IPR-Tangará semeadas na primeira época ou das águas em função de espaçamentos entre fileiras e do número de plantas na fileira. Ponta Grossa, PR, 2013.

IPR-Uirapuru						
Espaçamento	Plantas.m ⁻¹					MÉDIA
	5	8	11	14	17	
22,5 cm	7,25	6,95	5,15	5,65	4,50	5,90 a
45,0 cm	15,95	13,10	10,00	8,45	5,80	10,66 b
C.V. (%)	4,48%					

IPR-Tangará						
Espaçamento	Plantas.m ⁻¹					MÉDIA
	5	8	11	14	17	
22,5 cm	7,10	7,00	6,20	5,90	4,75	6,19 a
45,0 cm	10,30	9,05	8,50	7,55	6,60	8,40 b
C.V. (%)	3,80%					

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey (p<5%); C.V.= coeficiente de variação.

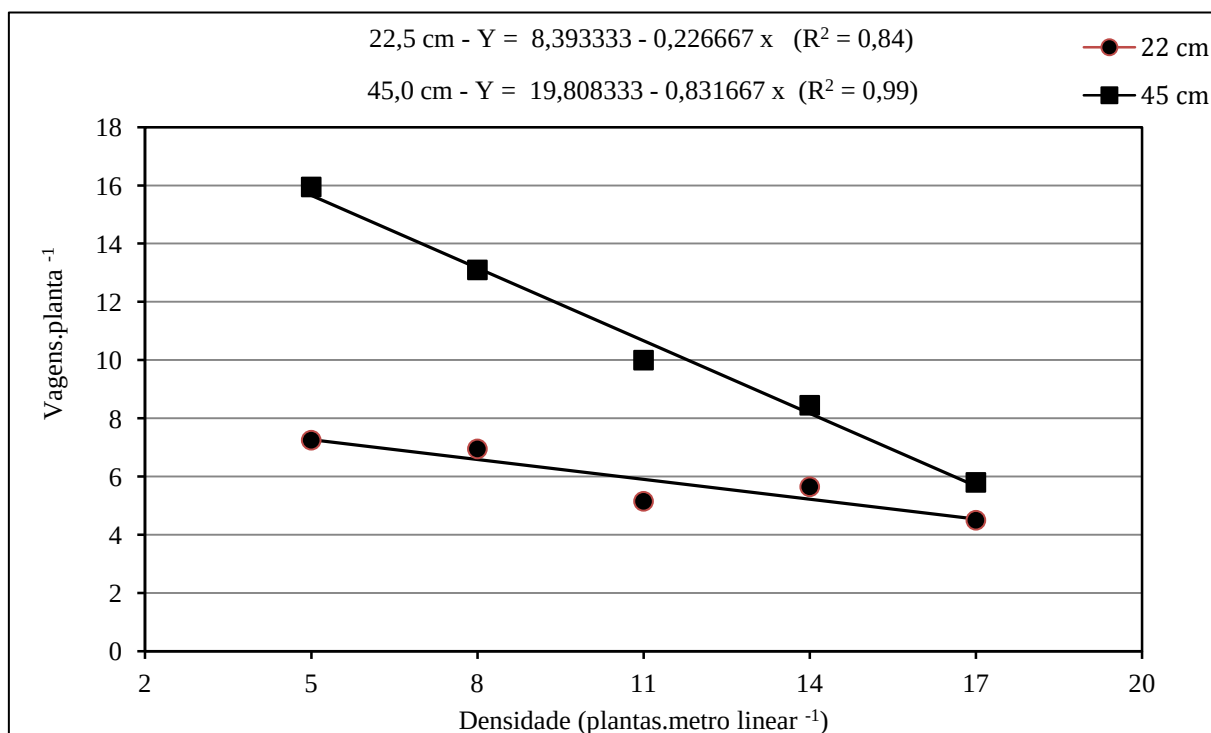


Figura 1. Número de vagens por planta na cultivar IPR-Uirapuru, cultivado na época das águas em função de diferentes densidades de semeadura nos espaçamentos de 22,5 e 45,0 cm. Ponta Grossa, PR, 2013.

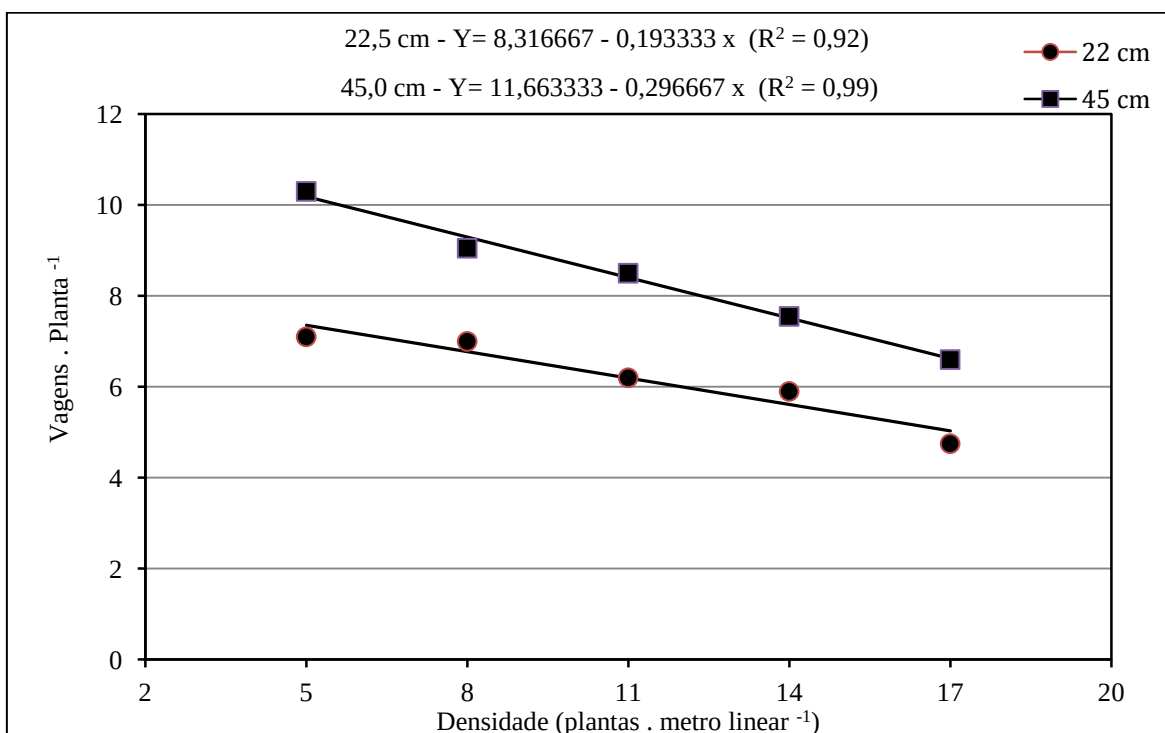


Figura 2. Número de vagens por plantas na cultivar IPR-Tangará, cultivado na época das águas em função de diferentes densidades de semeadura nos espaçamentos de 22,5 e 45,0 cm. Ponta Grossa, PR, 2013.

Para o número de grãos por vagem na primeira época de semeadura ocorreram interações significativas entre espaçamentos e densidades apenas para a cultivar IPR-Tangará. Nessa cultivar, nota-se (Tabela 2) que de um modo geral no espaçamento de 45,0 cm ocorreu maior número de grãos por vagem quando comparado com o menor espaçamento. Na análise do desdobramento de espaçamentos dentro de cada nível de densidade, observa-se que na densidade de cinco plantas por metro linear ocorreu o maior número de grãos por vagem no espaçamento de 22,5 cm entre fileiras e nas densidades de 11, 14 e 17 plantas por metro linear os maiores números de grãos por vagem foram observados no espaçamento entre fileiras de 45,0 cm. No desdobramento das densidades dentro de cada nível de espaçamento, nota-se (Figura 3), que as densidade de plantas na fileira foram significativas somente no espaçamento de 22,5 cm e não tiveram diferença no espaçamento de 45,0 cm. Em relação à densidade de plantas, a cultivar respondeu de maneira linear decrescente, em que, no espaçamento de 22,5 cm ocorreu uma queda acentuada do número de grãos por vagem quando a densidade de plantas na fileira aumentou. No espaçamento de 45,0 cm não houve redução do número de grãos por vagem com o aumento da densidade de semeadura. Da

mesma forma que ocorre no número de vagens por planta, o número de grãos por vagem na cultivar IPR-Tangará tende a diminuir conforme se adensa o plantio e se reduz o espaçamento entre fileiras. Este fato se deve ao aumento do número de plantas por unidade de área.

Para a cultivar IPR-Uirapuru não ocorreram interações significativas entre os espaçamentos e as densidades de plantas na fileira. Nessa cultivar a média de grãos por vagem foi maior no espaçamento de 45,0 cm (Tabela 2), resultado que não corrobora com o obtido por JADOSKI et al., 2000, que não verificaram influência do espaçamento entre fileiras no número de grãos por vagem. Já DIDONET & COSTA (2004), comparando diferentes densidades populacionais observaram que variações na produtividade de grãos ocorrem como resultado tanto da variação do número de vagens por planta como pelo número de grãos por vagem. Na Figura 4, nota-se que as densidades de plantas na fileira de semeadura influenciam significativamente o número de grãos por vagem em ambos os espaçamentos testados. A resposta às diferentes densidades de semeadura foi quadrática, atingindo ponto de máxima com nove plantas por metro linear, dentro do limite mínimo recomendado para as cultivares.

O número de grãos por vagem é uma característica de alta herdabilidade, e segundo SHIMADA et al.(2000) pode-se esperar que alterações de espaçamento e densidade populacional não necessariamente incorram em diferenças no valor deste componente da produção para algumas cultivares.

Quando se analisa conjuntamente o número de vagens por planta e o número de grãos por vagem, observa-se que com a redução do espaçamento entre fileiras, ambos os componentes sofreram redução significativa. Além disso, verificou-se que o número de vagens por planta sofre interferência acentuada quando a densidade de plantas na fileira é aumentada, enquanto que o número de grãos por vagem apresenta menor variação. Isto demonstra que o número de vagens por planta é um componente altamente suscetível à variação da densidade de semeadura, enquanto que o número de grãos por vagem possui maior caráter de herdabilidade, conforme afirmado por SHIMADA et al (2000) e também é afetado pelo número de vagens por planta.

Tabela 2. Número de grãos por vagem das cultivares IPR-Uirapuru e IPR-Tangará plantadas na primeira época ou das águas em função de espaçamentos entre fileiras e do número de plantas na fileira. Ponta Grossa, PR, 2013.

IPR-Uirapuru						
Espaçamento	Plantas.m ⁻¹					MÉDIA
	5	8	11	14	17	
22,5 cm	5,43	5,35	5,45	5,78	4,95	5,39 b
45,0 cm	6,18	6,00	6,08	6,35	5,53	6,03 a
C.V. (%)	3,73%					

IPR-Tangará						
Espaçamento	Plantas.m ⁻¹					MÉDIA
	5	8	11	14	17	
22,5 cm	6,75 a	6,50 a	5,98 b	5,05 b	4,48 b	5,75
45,0 cm	6,35 b	6,33 a	6,38 a	6,40 a	6,13 a	6,32
C.V. (%)	2,38%					

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 5\%$); C.V.= coeficiente de variação.

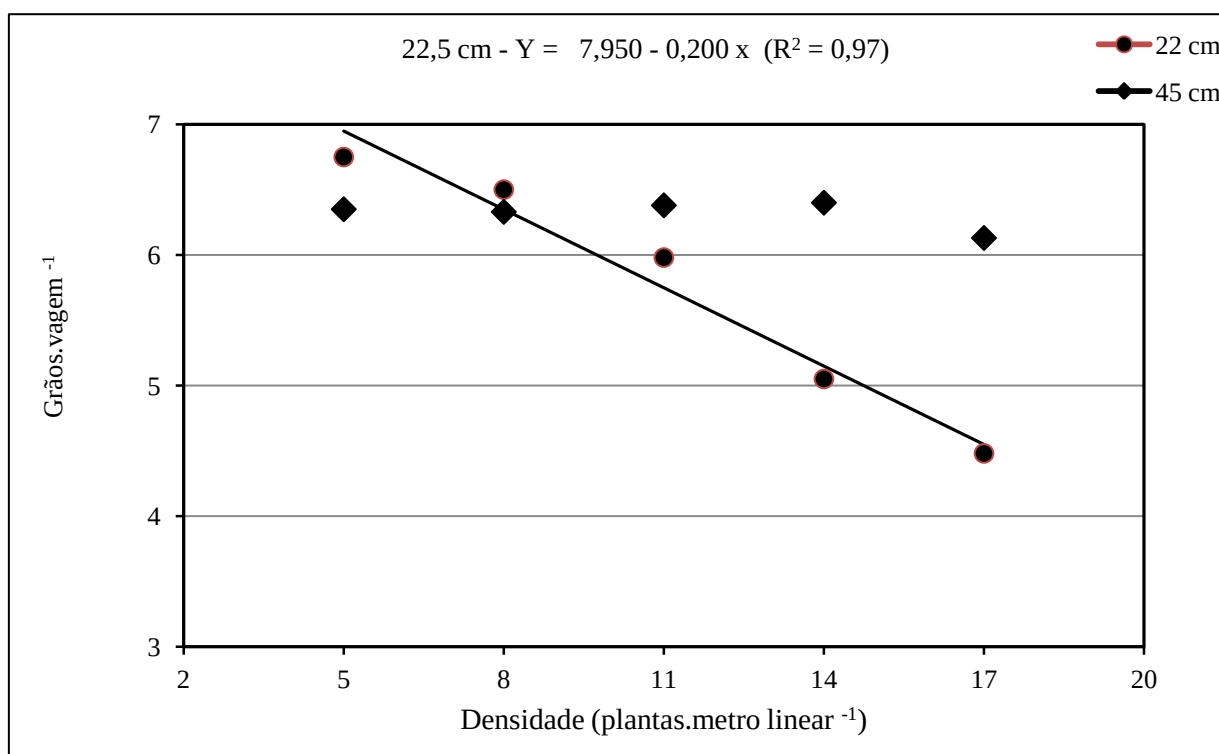


Figura 3. Número de grãos por vagem na cultivar IPR-Tangará, cultivado na época das águas em função de diferentes densidades de semeadura nos espaçamentos de 22,5 e 45,0 cm. Ponta Grossa, PR, 2013.

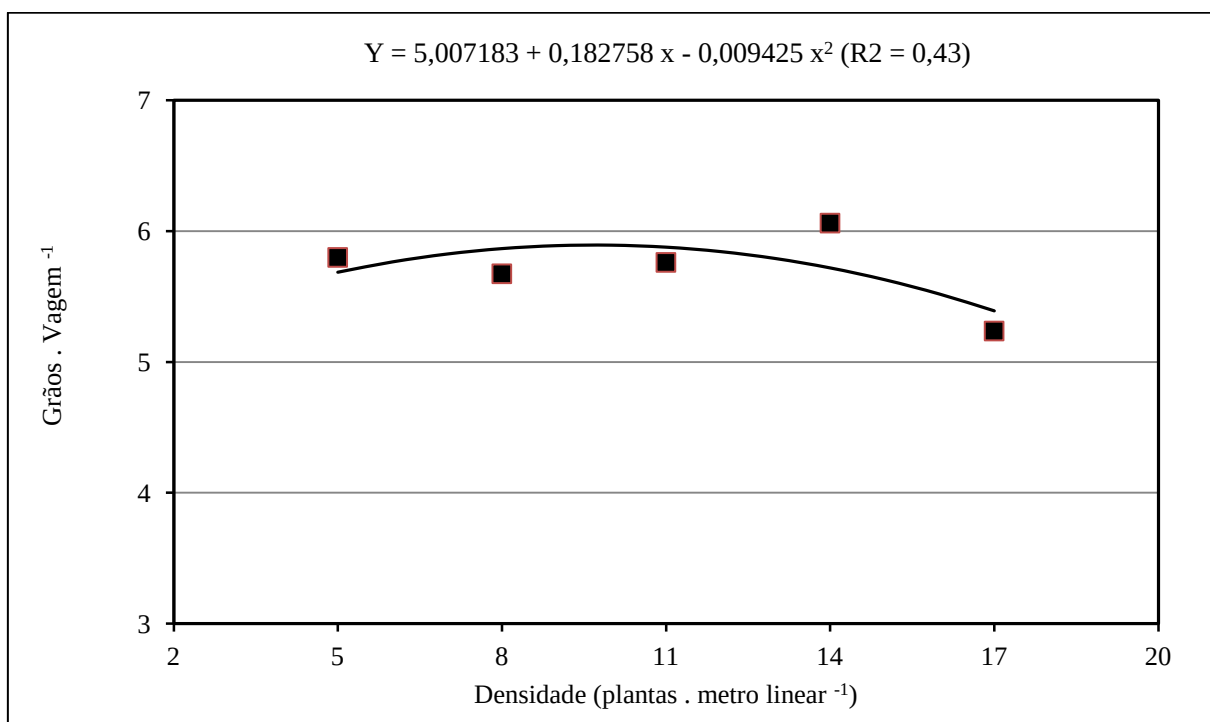


Figura 4. Número de grãos por vagem na cultivar IPR-Uirapuru, cultivado na época das águas em função de diferentes densidades de semeadura na média dos espaçamentos de 22,5 e 45,0 cm. Ponta Grossa, PR, 2013.

A partir do estágio R7 na cultura do feijão, o índice de área foliar tende a ter uma maior importância, sendo fundamental para a captação da radiação solar e produção de fotoassimilados para o enchimento de grãos. Seu valor pode ser afetado em função do arranjo espacial das plantas, ou seja, pelo espaçamento e densidade populacional, com reflexo na massa de grãos (SILVA et al 2007).

Os valores da massa de mil grãos (MMG) são demonstrados na Tabela 3. Não ocorreram interações entre espaçamentos e densidades em nenhuma das cultivares e não ocorreu diferença significativa da MMG entre os espaçamentos utilizados. No desdobramento das densidades de semeadura dentro dos níveis de espaçamento da cultivar IPR-Tangará, nota-se que a resposta da MMG à variação da densidade de semeadura foi diferencial, sendo quadrática para o espaçamento de 45,0 cm e linear para o espaçamento de 22,5 cm (Figura 5). Os maiores valores de MMG no espaçamento de 45,0 cm foram obtidos nas densidades de 11 a 14 plantas por metro linear e no espaçamento de 22,5 cm foi de 17 plantas por metro, embora as diferenças entre 14 e 17 plantas tenha sido pequena. Estes resultados não corroboram com o resultado de SHIMADA et al, 2007, que verificaram aumento da MMG ao se reduzir o espaçamento entre fileiras.

Na cultivar IPR-Uirapuru não ocorreu diferença significativa de MMG entre os dois espaçamentos (Tabela 3). Para esta cultivar, a equação apresentada foi linear para ambos os espaçamentos (Figura 6), com decréscimo da MMG conforme a densidade de plantas na fileira aumentou, sendo essa redução ligeiramente mais acentuada no espaçamento de 22,5 cm.

Para este componente da produção, verificou-se que ambas as cultivares não foram influenciadas pelos diferentes espaçamentos entre fileiras, não mostrando efeito compensatório para o número de vagens por planta e nem de grãos por vagens. A MMG mostra-se como um fator de alta herdabilidade genética nas cultivares.

Tabela 3. Massa de mil grãos (g) das cultivares IPR-Uirapuru e IPR-Tangará plantadas na primeira época ou das águas em função de espaçamentos entre fileiras e do número de plantas na fileira. Ponta Grossa, PR, 2013.

IPR-Uirapuru						
Espaçamento	Plantas.m ⁻¹					MÉDIA
	5	8	11	14	17	
22,5 cm	249,0	240,0	243,3	233,0	227,3	238,5 a
45,0 cm	254,5	251,0	242,0	231,0	232,5	242,2 a
C.V. (%)	4,71%					

IPR-Tangará						
Espaçamento	Plantas.m ⁻¹					MÉDIA
	5	8	11	14	17	
22,5 cm	246,5	248,0	242,5	252,0	259,5	249,7 a
45,0 cm	246,0	252,5	260,3	255,5	238,5	250,6 a
C.V. (%)	2,56%					

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 5\%$); C.V.= coeficiente de variação.

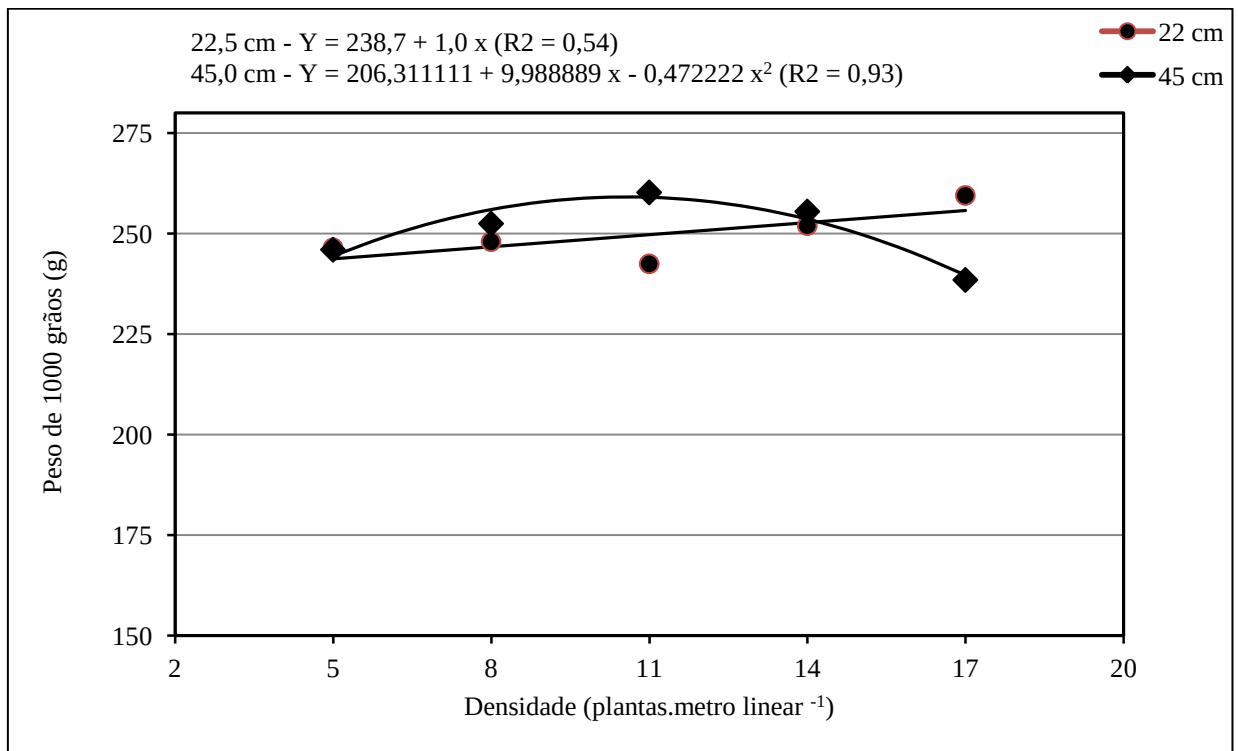


Figura 5. Massa de mil grãos (MMG) na cultivar IPR-Tangará, cultivado na época das águas em função de diferentes densidades de semeadura nos espaçamentos de 22,5 e 45,0 cm. Ponta Grossa, PR, 2013.

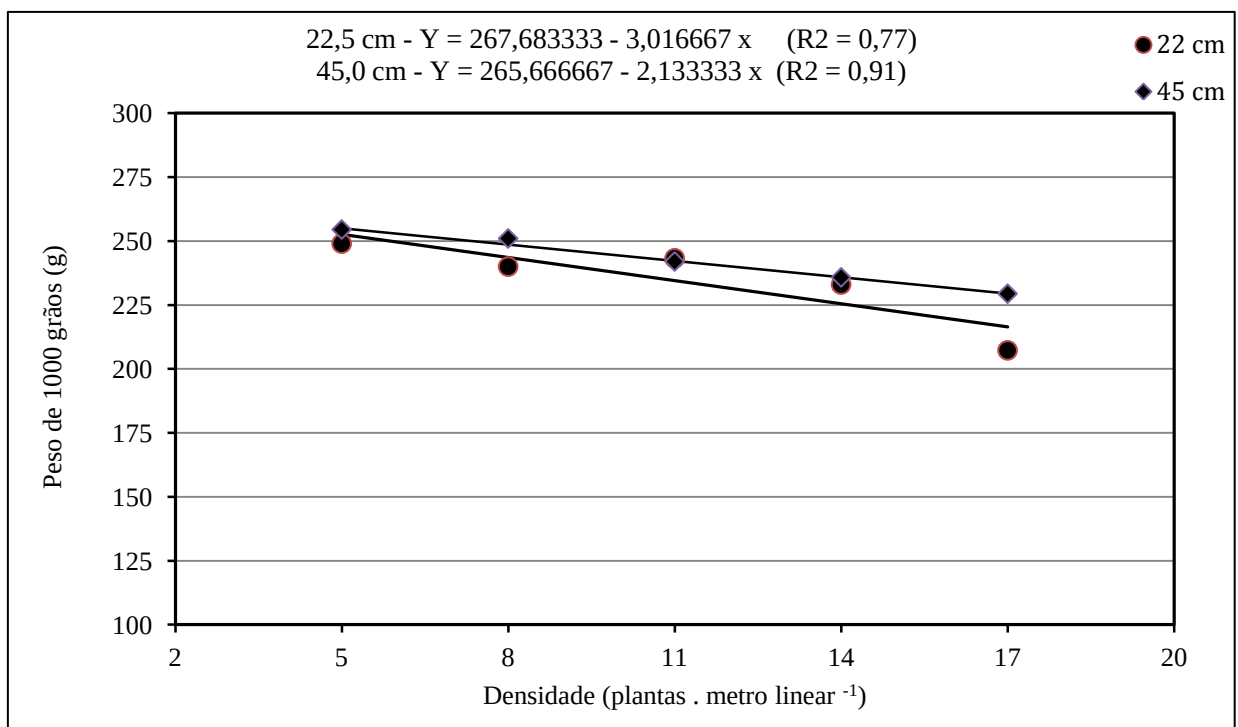


Figura 6. Massa de mil grãos (MMG) na cultivar IPR-Uirapuru, cultivado na época das águas em função de diferentes densidades de semeadura nos espaçamentos de 22,5 e 45,0 cm. Ponta Grossa, PR, 2013.

Para produtividade ocorreram interações significativas entre espaçamentos e densidades de plantas na fileira somente na cultivar IPR-Uirapuru na primeira época de semeadura.

Para a cultivar IPR-Tangará, não houve diferença significativa de produtividade entre os espaçamentos (Tabela 4). No desdobramento dos espaçamentos dentro das densidades de semeadura, nota-se (Figura 7), que para ambos os espaçamentos a equação foi quadrática em relação ao aumento da densidade, onde as maiores produtividades foram alcançadas com densidades de 11 a 14 plantas.metro linear⁻¹ com ponto de máxima produtividade de 13 plantas.metro linear⁻¹ para o espaçamento de 22,5 e de 11 a 14 plantas.metro⁻¹ no espaçamento de 45,0 cm com ponto de máxima de 13 plantas metro de fileira. Este resultado é condizente com as densidades de plantas mais recomendadas para cultura segundo ARF et al. (1996) e EMBRAPA (2014).

Na cultivar IPR-Uirapuru foi observado diferença significativa de produtividade entre os espaçamentos somente na densidade de cinco plantas por metro, onde no espaçamento de 22,5 cm a produção foi maior em relação ao espaçamento de 45,0cm. Entretanto, analisando-se o desdobramento dos dois espaçamentos dentro de cada densidade de semeadura, verifica-se (Tabela 4), que esta diferença ocorreu somente na densidade de cinco plantas por metro linear. Nesta densidade, no espaçamento de 45,0 cm a produção foi menor do que a do espaçamento de 22,5 cm devido à reduzida população de plantas. Como foi demonstrado anteriormente no presente trabalho, alguns componentes de produção como o número de vagens por planta e o número de grãos por vagem têm seus valores aumentados em baixas populações como tentativa da planta compensar as menores densidades de semeadura. Mesmo assim, na densidade de cinco plantas por metro linear no maior espaçamento, a população de plantas fica abaixo de um patamar que poderia ser compensado por outros componentes de produção. Nas demais densidades não houve diferença dentro dos espaçamentos. No desdobramento de densidades dentro de cada nível de espaçamento, a resposta da cultivar IPR-Uirapuru foi quadrática às diferentes populações de plantas na fileira, com maiores produtividades entre 11 e 14 plantas por metro linear, com ponto de máxima sendo alcançada na densidade de 13 plantas por metro em ambos os espaçamentos (Figura 8).

Desta forma, nas condições da primeira época de plantio, com clima adequado ao desenvolvimento da cultura, o espaçamento entre fileiras não influenciou a produtividade em nenhuma das cultivares, sendo desaconselhável o adensamento das plantas, visto que isso oneraria o produtor em maior gasto com sementes e adaptação de máquinas para utilização do

espaçamento de 22,5 cm. Além disto, faz-se necessário avaliar se o adensamento da cultura com fechamento precoce das entrelinhas poderia contribuir para a formação de microclima mais favorável ao desenvolvimento de doenças.

Tabela 4. Produtividade (kg.ha^{-1}) das cultivares IPR-Uirapuru e IPR-Tangará plantadas na primeira época ou das águas em função de espaçamentos entre fileiras e do número de plantas na fileira. Ponta Grossa, PR, 2013.

IPR-Uirapuru						
Espaçamento	Plantas.m ⁻¹					MÉDIA
	5	8	11	14	17	
22,5 cm	2.022 a	2.584 a	2.690 a	2.949 a	2.522 a	2.554
45,0 cm	1.520 b	2.503 a	2.512 a	2.846 a	2.348 a	2.346
C.V. (%)	9,11%					
IPR-Tangará						
Espaçamento	Plantas.m ⁻¹					MÉDIA
	5	8	11	14	17	
22,5 cm	1.685	2.110	2.234	2.512	2.113	2.131 a
45,0 cm	1.484	2.230	2.419	2.434	2.207	2.155 a
C.V. (%)	8,12%					

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 5\%$); C.V.= coeficiente de variação.

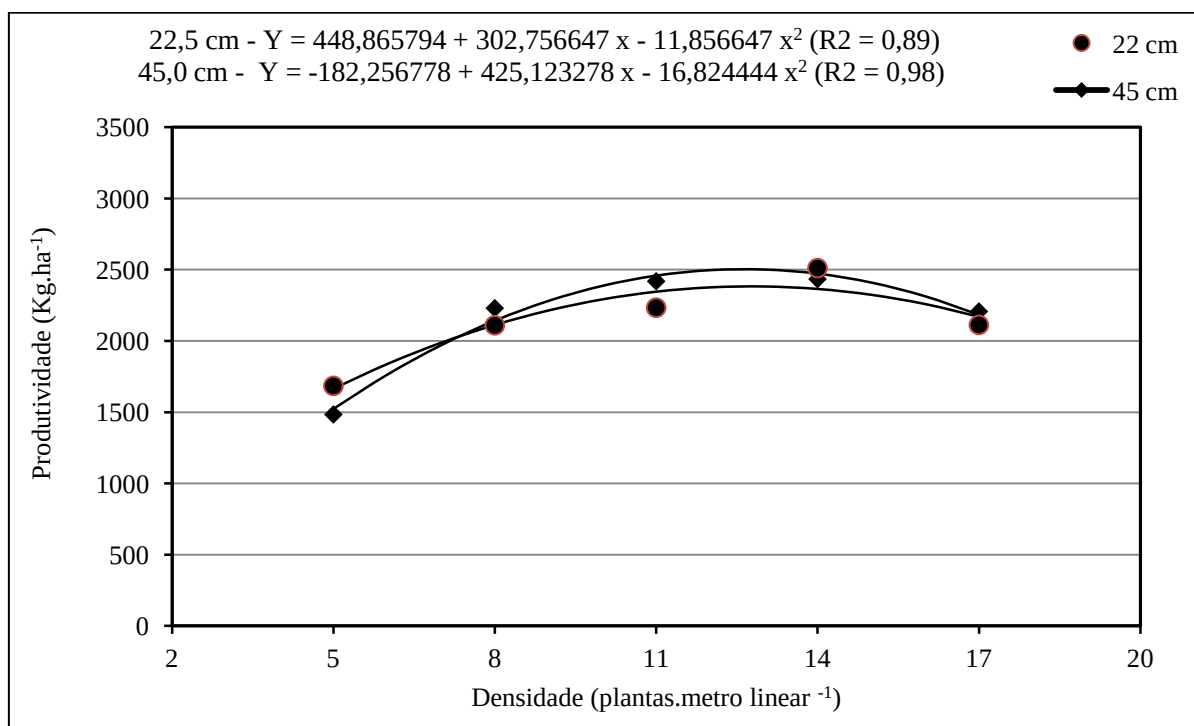


Figura 7. Produtividade da cultivar IPR-Tangará, cultivado na época das águas em função de diferentes densidades de semeadura nos espaçamentos de 22,5 e 45,0 cm. Ponta Grossa, PR, 2013.

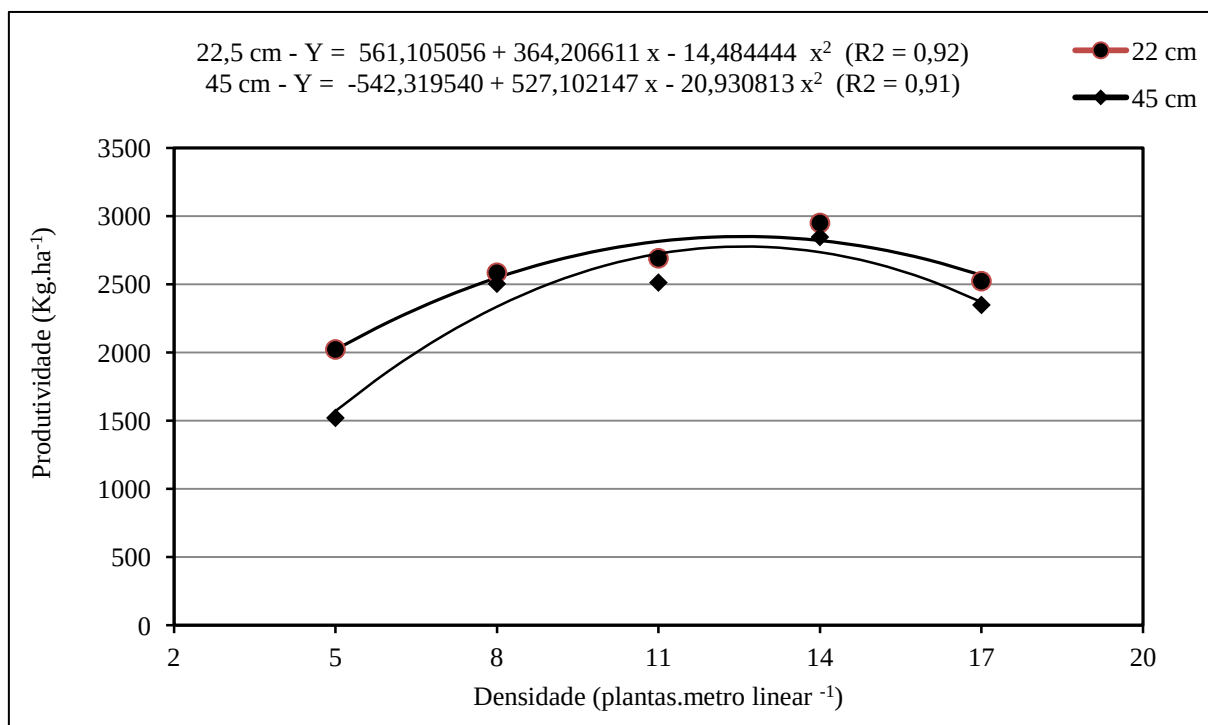


Figura 8. Produtividade da cultivar IPR-Uirapuru, cultivado na época das águas em função de diferentes densidades de semeadura nos espaçamentos de 22,5 e 45,0 cm. Ponta Grossa, PR, 2013.

5.2. SEGUNDA ÉPOCA DE SEMEADURA OU ÉPOCA DAS SECAS

Analisando-se o comportamento das cultivares de feijão semeadas na segunda época, verifica-se que para o número de vagens por planta, não houve interações significativas entre os espaçamentos e densidades testadas em nenhuma das cultivares (Tabela 5).

Na cultivar IPR-Uirapuru houve diferença significativa entre as médias dos espaçamentos estudados, sendo que no maior espaçamento verificou-se um maior número de vagens por planta, resultado também observado por SHIMADA et al. (2000) (Tabela 5). Nesta cultivar, embora não tenham ocorrido diferenças significativas do número de vagens por planta entre as densidades de plantas na fileira verificou-se um decréscimo deste componente da produção conforme a densidade de plantas na fileira aumentou (Figura 9). A cultivar IPR-Tangará teve um comportamento similar, com maior número de vagens por planta no espaçamento de 45,0 cm entre fileiras (Tabela 5). Verificou-se decréscimo do número de vagens por plantas com o aumento de densidade de plantas na fileira, entretanto não houve diferença significativa entre as densidades (Figura 10). Este resultado confirma o encontrado por SILVA et al. (2008) onde os componentes da produção, entre eles o número de vagens por planta, decresce linearmente com a diminuição da densidade de plantas.

Tabela 5. Número de vagens por planta das cultivares IPR-Uirapuru e IPR-Tangará plantadas na segunda época ou das secas em função de espaçamentos entre fileiras e do número de plantas na fileira. Ponta Grossa, PR, 2014.

IPR-Uirapuru						
Espaçamento	Plantas.m ⁻¹					MÉDIA
	5	8	11	14	17	
22,5 cm	9,05	7,35	8,10	9,50	7,45	8,29 b
45,0 cm	10,95	10,90	10,70	9,40	8,20	10,03 a
C.V. (%)	15,11%					
IPR-Tangará						
Espaçamento	Plantas.m ⁻¹					MÉDIA
	5	8	11	14	17	
22,5 cm	8,40	7,00	7,10	6,75	6,65	7,18 b
45,0 cm	10,05	9,75	8,30	7,40	7,85	8,67 a
C.V. (%)	21,76%					

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 5\%$); C.V.= coeficiente de variação.

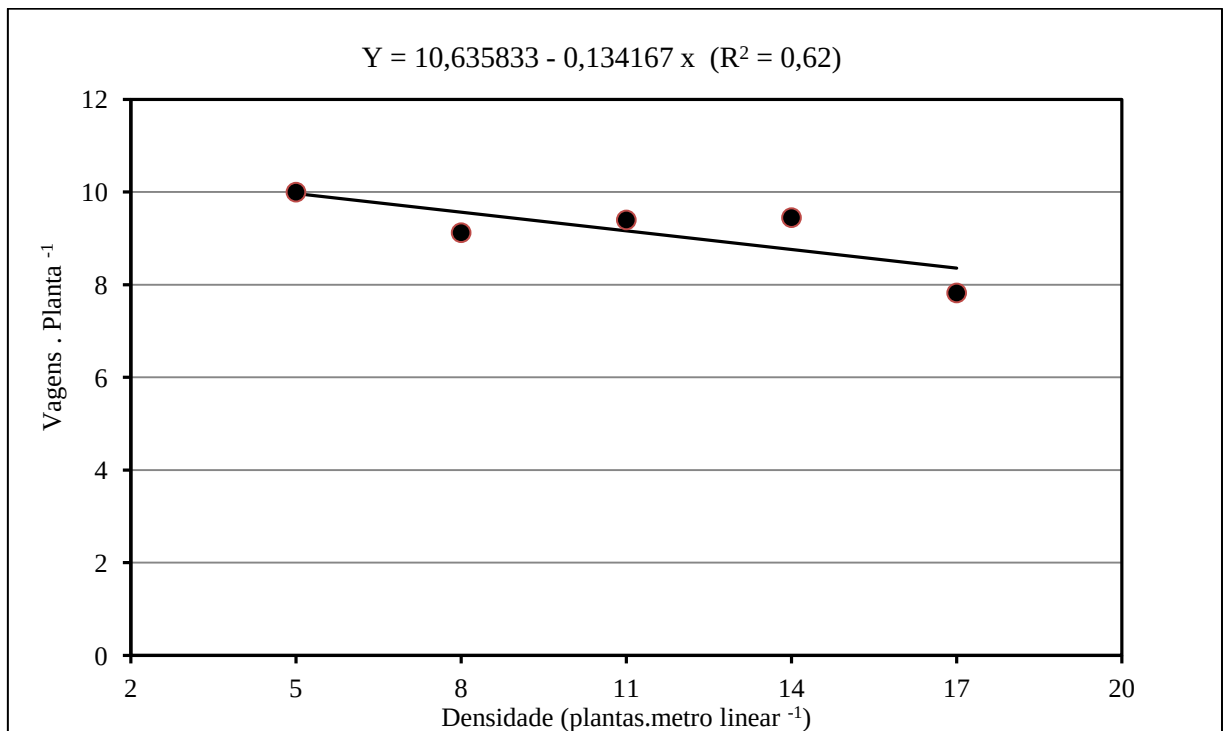


Figura 9 - Número de vagens por planta da cultivar IPR-Uirapuru, cultivado na época das secas em função de diferentes densidades de semeadura (média dos espaçamentos de 22,5 e 45,0 cm). Ponta Grossa, PR, 2014.

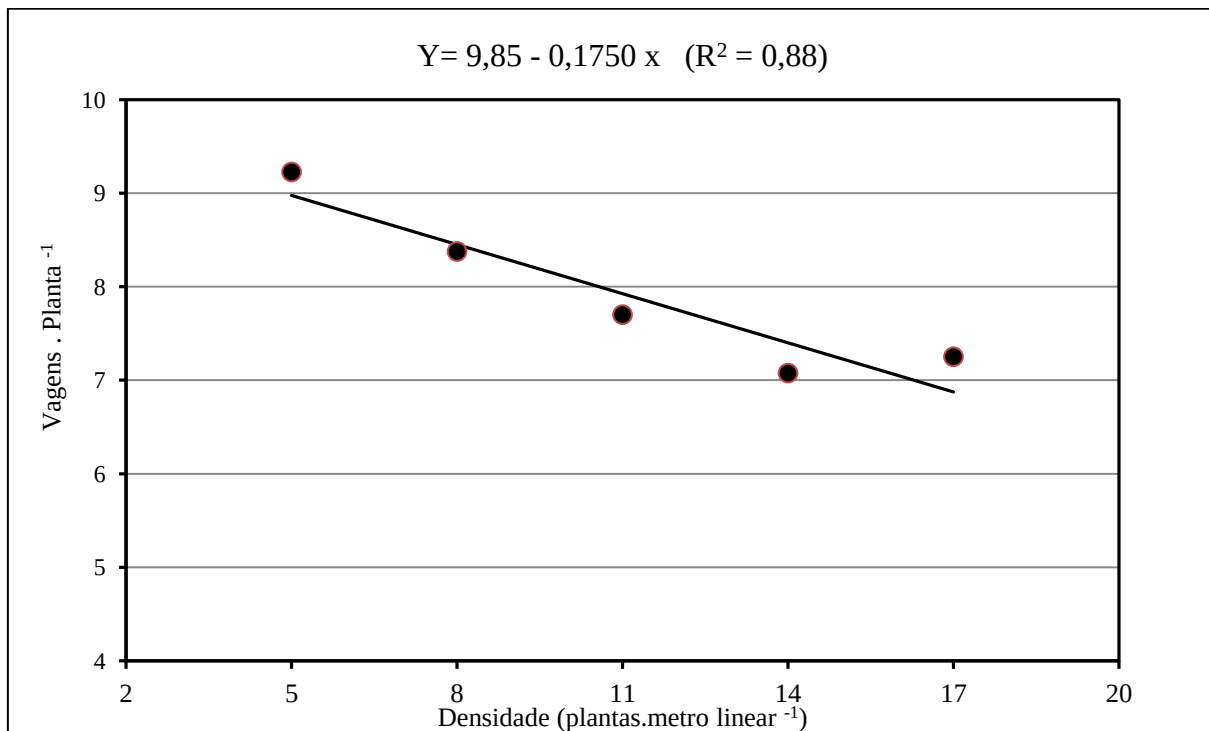


Figura 10. Número de vagens por planta da cultivar IPR-Tangará, cultivado na época das secas em função de diferentes densidades de semeadura (média dos espaçamentos de 22,5 e 45,0 cm). Ponta Grossa, PR, 2014.

Para o número de grãos por vagem ocorreu interação significativa entre densidades e espaçamentos na cultivar IPR-Uirapuru na segunda época de semeadura (Tabela 6). Nessa cultivar, ao se analisar os espaçamentos dentro dos níveis de densidade de semeadura, percebe-se que a diferença de número de grãos por vagem ocorre apenas nas densidades de 5 e 8 plantas por metro linear, sendo significativamente maior no espaçamento de 45,0 cm, conforme demonstrado na Tabela 6, e nas densidades de semeadura acima de 11 plantas por metro linear não ocorreram diferenças de número de grãos por vagem entre os espaçamentos. Nesta época de semeadura e cultivar, percebe-se que quando é utilizada uma densidade de plantas por metro abaixo da recomendada no espaçamento de 45,0 cm entre fileiras, a cultivar tende a responder com maior número de grãos por vagem. No espaçamento de 22,5 cm entre fileiras não houve diferença de número de grãos por vagem com o aumento do número de plantas na linha (Figura 11). No espaçamento de 45,0 cm a cultivar respondeu linearmente diminuindo este componente da produção conforme a população de plantas na fileira foi aumentada (Figura 11). Este resultado corrobora com o observado por SILVA et al. (2008), onde o número de grãos por vagem decresceu linearmente com os espaçamentos reduzidos e com o maior número de plantas na fileira, ou seja, mostrou-se inversamente proporcional ao número de plantas por área.

Na cultivar IPR-Tangará cultivada na segunda época não ocorreram diferenças de número de grãos por vagem nos espaçamentos utilizados (Tabela 6) e também não ocorreram variações deste componente de produção nas diferentes densidades de semeadura (Figura 12).

Tabela 6. Número de grãos por vagem das cultivares IPR-Uirapuru e IPR-Tangará plantadas na segunda época ou das secas em função de espaçamentos entre fileiras e do número de plantas na fileira. Ponta Grossa, PR, 2014.

IPR-Uirapuru						
Espaçamento	Plantas.m ⁻¹					MÉDIA
	5	8	11	14	17	
22,5 cm	5,33 b	5,10 b	5,30 a	5,33 a	5,45 a	5,30
45,0 cm	5,90 a	5,75 a	5,43 a	5,50 a	5,30 a	5,58
C.V. (%)	5,35%					

IPR-Tangará						
Espaçamento	Plantas.m ⁻¹					MÉDIA
	5	8	11	14	17	
22,5 cm	5,33	5,20	5,15	5,18	5,00	5,17 a
45,0 cm	5,23	5,08	4,98	4,90	5,05	5,05 a
C.V. (%)	13,06%					

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey (p<5%); C.V.= coeficiente de variação.

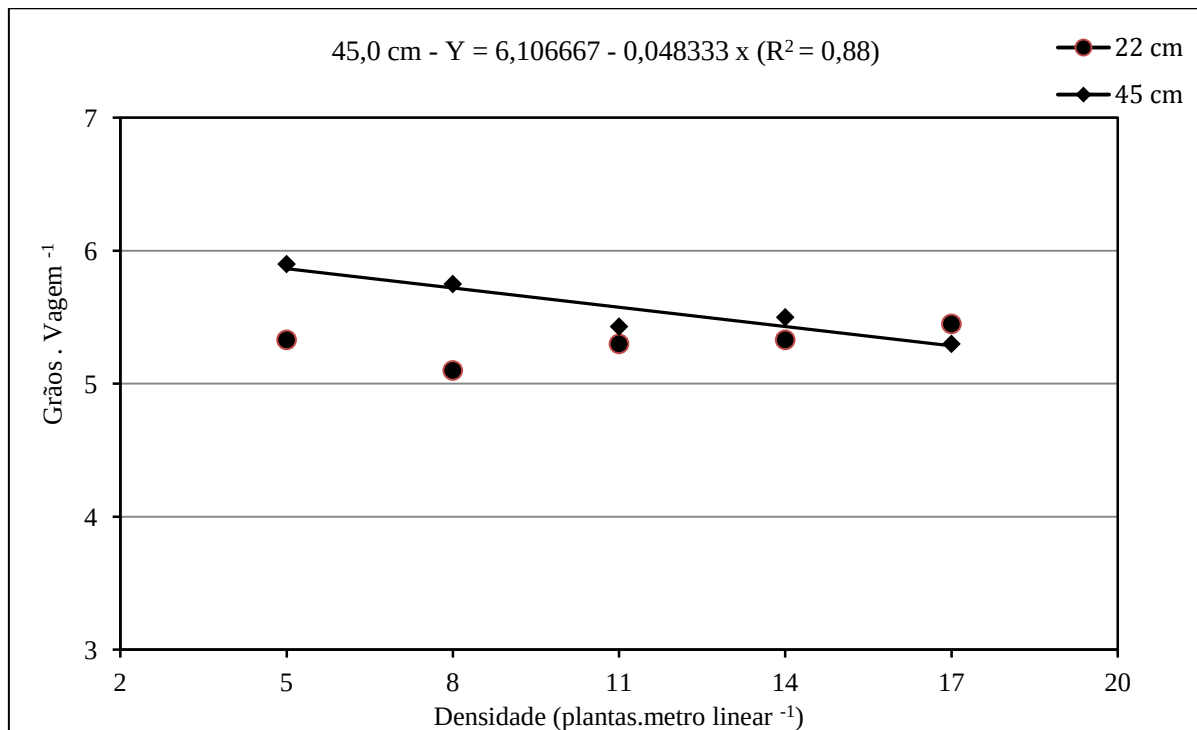


Figura 11. Número de grãos por vagem da cultivar IPR-Uirapuru, cultivado na época das secas em função de diferentes densidades de semeadura nos espaçamentos de 22,5 e 45,0 cm. Ponta Grossa, PR, 2014.

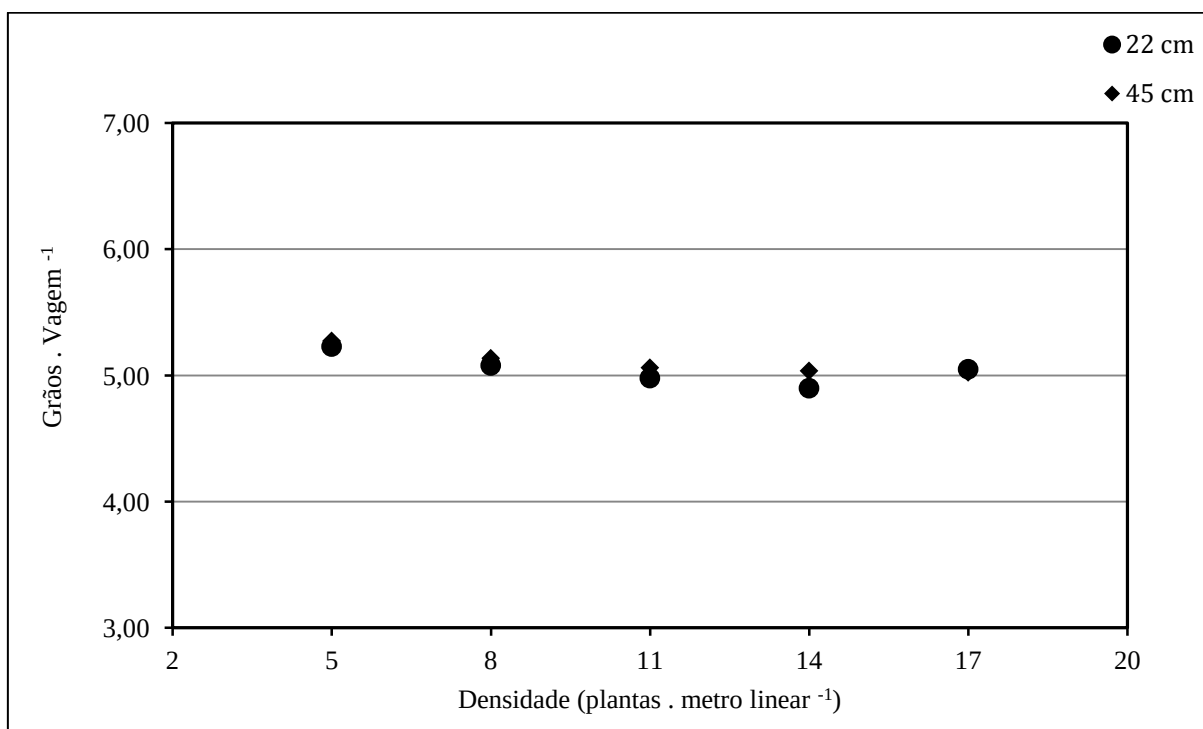


Figura 12. Número de grãos por vagem da cultivar IPR-Tangará, cultivado na época das secas em função de diferentes densidades de semeadura nos espaçamentos de 22,5 e 45,0 cm. Ponta Grossa, PR, 2014.

Para a massa de mil grãos não houve interações significativas entre as densidades de semeadura e os espaçamentos em nenhuma das cultivares semeadas na segunda época. Não foi verificada diferença na MMG entre os espaçamentos em ambas as cultivares (Tabela 7). Analisando-se as densidades de semeadura (Figuras 13 e 14) dentro dos espaçamentos entre fileiras verificou-se que não ocorreram diferenças de massa de grãos em nenhuma das cultivares, confirmando que este é um fator de alta herdabilidade genética e tem pouca influência da densidade de plantas na fileira e entre os espaçamentos, mas isso ocorre principalmente quando os componentes de produção, que se formam antes da fase de enchimento de grãos, não são muito afetados.

Tabela 7. Massa de mil grãos (g) das cultivares IPR-Uirapuru e IPR-Tangará plantadas na segunda época ou das secas em função de espaçamentos entre fileiras e do número de plantas na fileira. Ponta Grossa, PR, 2014.

IPR-Uirapuru						
Espaçamento	Plantas.m ⁻¹					MÉDIA
	5	8	11	14	17	
22,5 cm	210,0	201,0	201,5	200,0	197,5	202,0 a
45,0 cm	197,0	202,5	200,0	198,5	206,0	200,8 a
C.V. (%)	4,02%					

IPR-Tangará						
Espaçamento	Plantas.m ⁻¹					MÉDIA
	5	8	11	14	17	
22,5 cm	218,5	226,0	220,5	224,5	214,5	220,8 a
45,0 cm	217,5	217,5	220,5	208,0	219,0	216,5 a
C.V. (%)	4,68%					

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey (p<5%); C.V.= coeficiente de variação.

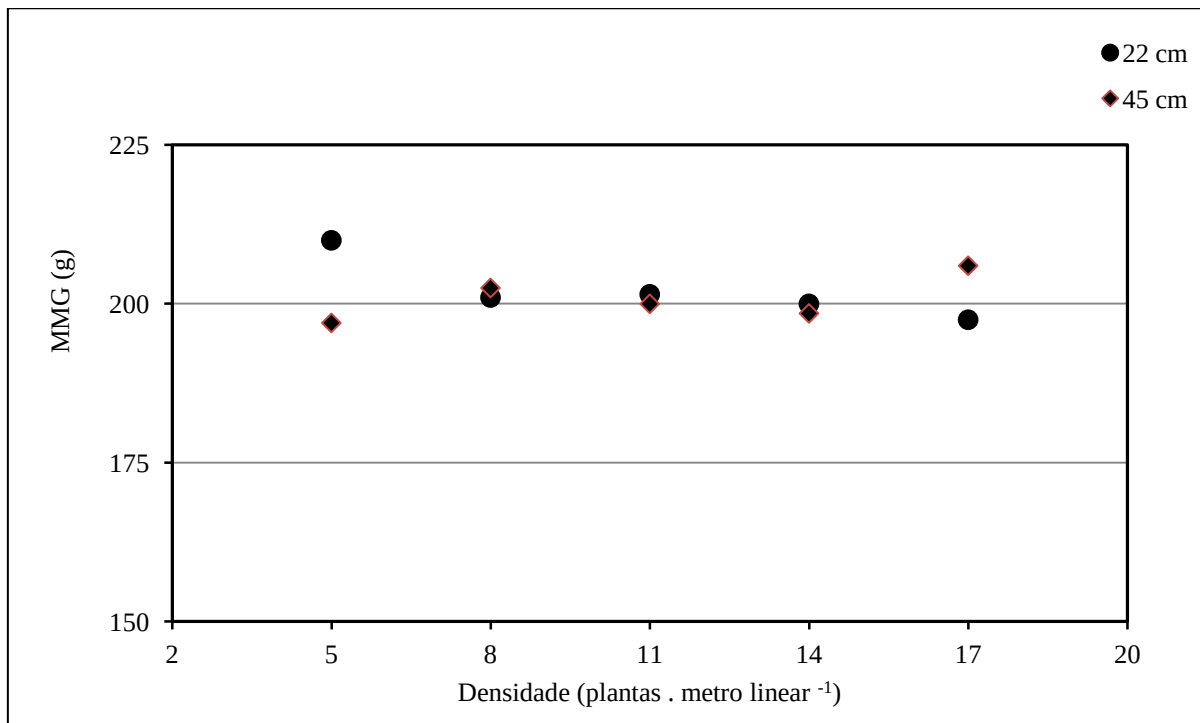


Figura 13. Massa de mil grãos da cultivar IPR-Uirapuru, cultivado na época das secas em função de diferentes densidades de semeadura nos espaçamentos de 22,5 e 45,0 cm. Ponta Grossa, PR, 2014.

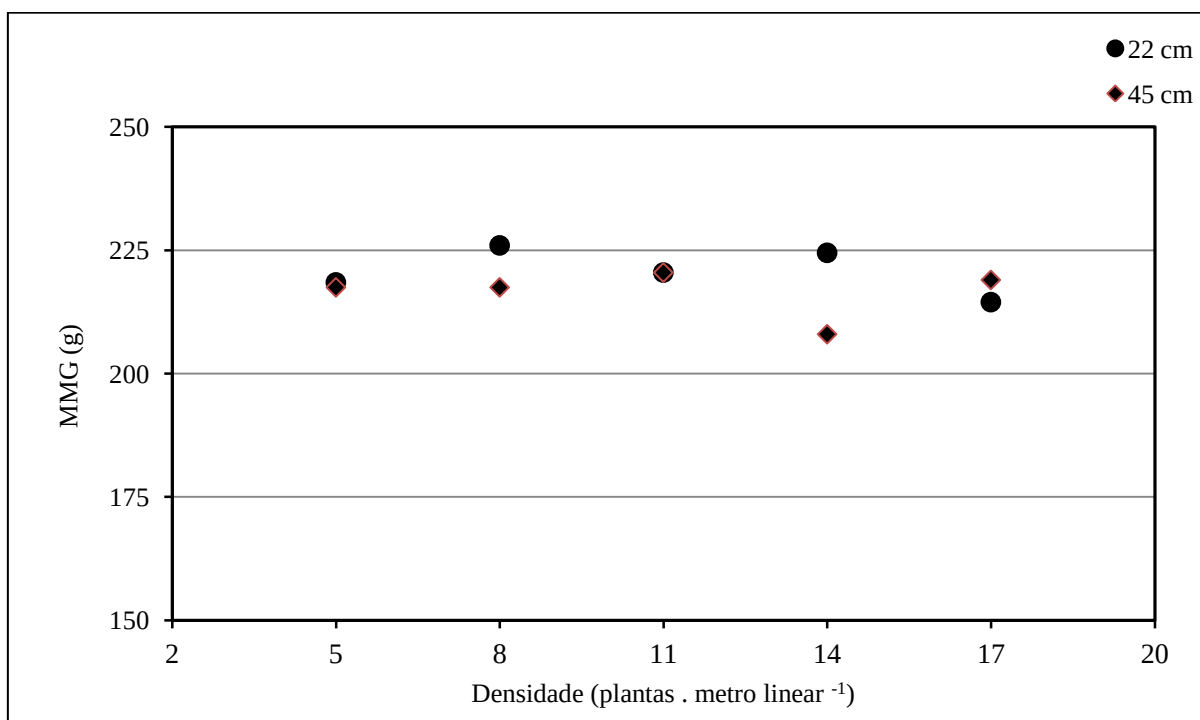


Figura 14. Massa de mil grãos da cultivar IPR-Tangará, cultivado na época das secas em função de diferentes densidades de semeadura nos espaçamentos de 22,5 e 45,0 cm. Ponta Grossa, PR, 2014.

Para a produtividade ocorreram interações significativas entre os espaçamentos e as densidades de semeadura nas duas cultivares semeadas na segunda época.

Analisando-se a produtividade das duas cultivares em ambos os espaçamentos, verifica-se diferença significativa somente na densidade de cinco plantas por metro de fileira, ocorrendo maior produtividade no espaçamento de 22,5 cm (Tabela 8). Este comportamento é semelhante ao que ocorreu na semeadura da primeira época e demonstra novamente que quando é utilizado o maior espaçamento e menor densidade de plantas, a população total de plantas fica muito abaixo da ideal para a cultivar, não sendo compensada por outros componentes de produção.

No desdobramento das densidades dentro de cada nível de espaçamento, não ocorreram diferenças significativas de produtividade na cultivar IPR-Uirapuru (Figura 15).

No desdobramento dos espaçamentos dentro das densidades de semeadura da cultivar IPR-Tangará, ocorreram variações significativas dos espaçamento entre fileiras, com as maiores produtividades entre 11 e 14 plantas por metro linear com ponto de máxima produtividade próximo de 13 plantas por metro de fileira em ambos os espaçamentos (Figura 16). Este resultado confirma o resultado obtido por esta cultivar na primeira época de

semeadura e que a densidade ideal corresponde àquela recomendada atualmente pela pesquisa oficial que é de 12 a 14 plantas por metro de fileira.

Sabe-se que na primeira época de plantio ocorre uma média de temperatura e precipitação maiores em relação à segunda época de plantio. Desta forma, é comum que as cultivares apresentem maiores produtividades na primeira época de semeadura. No presente trabalho a produtividade média da safra das águas foi de 2.296 kg.ha⁻¹ e a das secas de 1.865 kg.ha⁻¹, confirmando essa tendência, destacando que na segunda época o regime de chuvas na fase de florescimento foi inferior ao da época das águas (Anexos 1 e 2), sendo a causa provável da diferença de produtividade.

Tabela 8. Produtividade (kg.ha⁻¹) das cultivares IPR-Uirapuru e IPR-Tangará plantadas na segunda época ou das secas em função de espaçamentos entre fileiras e do número de plantas na fileira. Ponta Grossa, PR, 2014.

IPR-Uirapuru						
Espaçamento	<u>Plantas.m⁻¹</u>					MÉDIA
	5	8	11	14	17	
22,5 cm	2.064 a	2.052 a	1.958 a	1.844 a	1.891 a	1.962
45,0 cm	1.868 b	1.968 a	1.788 a	1.934 a	2.043 a	1.920
C.V. (%)	6,64%					

IPR-Tangará						
Espaçamento	<u>Plantas.m⁻¹</u>					MÉDIA
	5	8	11	14	17	
22,5 cm	1.615 a	1.866 a	1.943 a	1.839 a	1.861 a	1.825
45,0 cm	1.163 b	1.826 a	1.961 a	1.945 a	1.879 a	1.755
C.V. (%)	14,52%					

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey (p<5%); C.V.= coeficiente de variação.

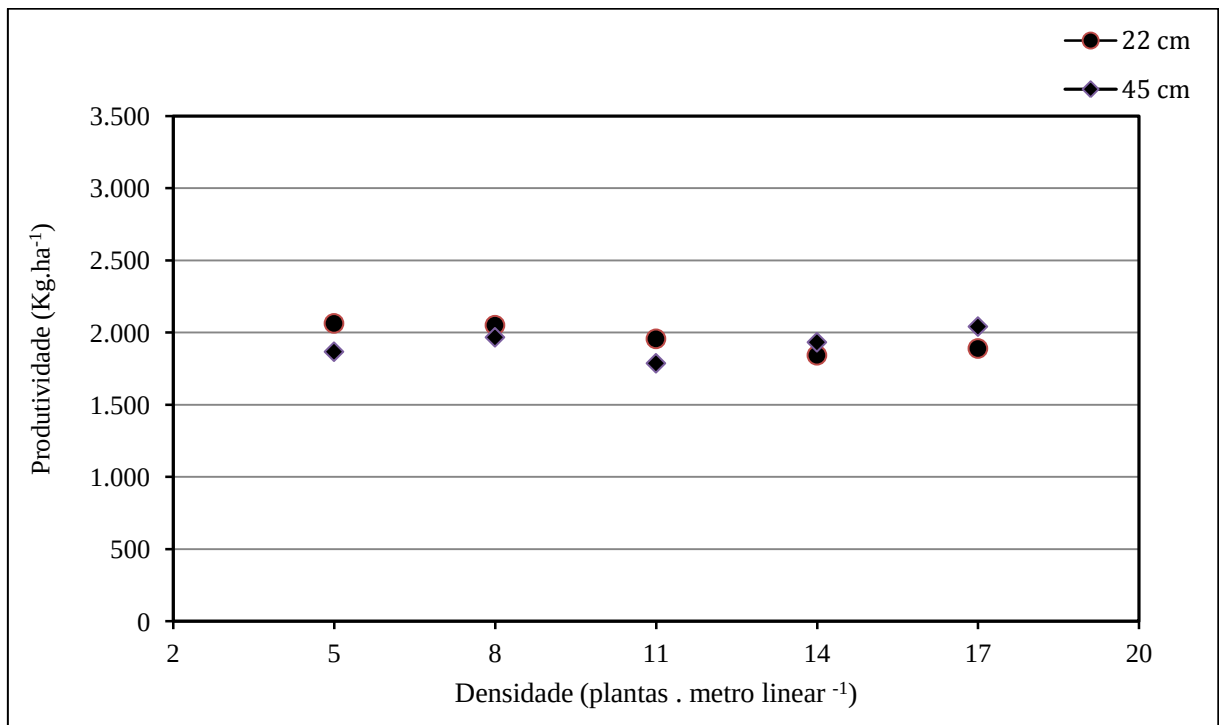


Figura 15. Produtividade (kg.ha⁻¹) da cultivar IPR-Uirapuru, cultivado na época das secas em função de diferentes densidades de semeadura nos espaçamentos de 22,5 e 45,0 cm. Ponta Grossa, PR, 2014.

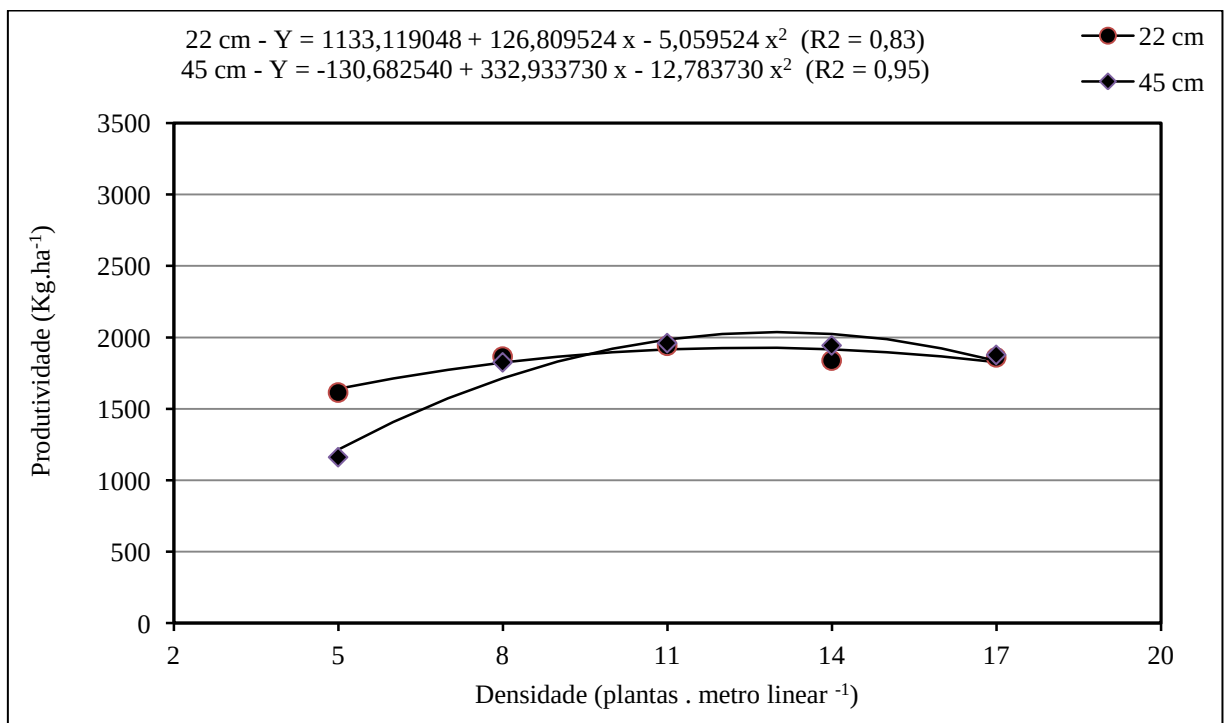


Figura 16. Produtividade (kg.ha⁻¹) da cultivar IPR-Tangará, cultivado na época das secas em função de diferentes densidades de semeadura nos espaçamentos de 22,5 e 45,0 cm. Ponta Grossa, PR, 2014.

6. CONCLUSÕES

Na primeira época os componentes de produção de ambas as cultivares foram influenciados pelo arranjo de plantas. O número de vagens por planta e grãos por vagem tiveram valores maiores no espaçamento de 45,0 cm entre fileiras, enquanto a massa de mil grãos não foi afetada pelos espaçamentos.

Na semeadura de primeira época as cultivares não apresentaram diferenças de produtividade entre os espaçamentos utilizados. Quanto à densidade de plantas na fileira de plantio, as maiores produtividades foram obtidas com intervalo entre 11 e 14 plantas por metro linear, corroborando com a recomendação da pesquisa oficial.

Na segunda época de semeadura os componentes de produção também foram influenciados pelos espaçamentos, entretanto somente o número de vagens por planta foi maior no espaçamento de 45,0 cm entre fileiras. Nesta época as cultivares não apresentaram diferenças de produtividade nos diferentes espaçamentos e as maiores produtividades foram observadas com densidade entre 11 a 14 plantas por metro em ambos os espaçamentos.

O espaçamento de 22,5 cm entre fileiras não deve ser recomendado em nenhuma das épocas de semeadura, pois além de não resultar em aumento de produtividade em ambas as épocas, irá requerer maiores gastos com sementes além da necessidade de adaptação de máquinas para trabalhar nesse espaçamento.

Embora ocorram diferenças de temperatura e precipitação entre as duas épocas de semeadura, os componentes da produção e a produtividade de ambas as cultivares de feijão se assemelharam nas duas épocas de semeadura, permitindo o uso das recomendações da época das águas na época das secas.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, P.D., WEAVER, D.B. Brachytic stem trait, row spacing, and plant population effects on soybean yield. **Crop Science**, Madison, v. 38, p. 750-754, 1998.

ALMEIDA, M.L.de., SANGOI, L. Manejo de cultivares de feijão de diferentes hábitos de crescimento no planalto catarinense. I. Rendimento de grãos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 24, n. 3, p. 513-517, 1994.

ALCIDO, W., OSMIRA, S. O Feijão-Comum no Brasil: Passado, Presente e Futuro. **Embrapa Arroz e Feijão**, 63, 2013.

ALVES, A.F.; ANDRADE, M.J.B.; RODRIGUES, J.R.M., VIEIRA, N.M.B. Densidades populacionais para cultivares de feijoeiro no norte de Minas Gerais. **Ciência Agrotecnologia**, v.33, n.6, p.1495-1502, 2009

APHALO, P., BALLARE, C. & SCOPEL, A., 1999. Plant-plant signalling, the shade-avoidance response and competition. **Journal of Experimental Botany**, 50 (340): p.1629-1634.

ARF, O.; SÁ, M.E.; BUZETTI, S.; BRANCO, R.B.F.; PAULA, R.C. Efeito de diferentes espaçamentos e densidades em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) adubado em função da área e da população de plantas. São Paulo: **UNESP**, 1995. p22.

ARF, O.; SÁ, M. E.; OKITA, C. S.; TIBA, M. A.; GUERREIRO NETO, G.; OGASSAWARA, O. Efeito de diferentes espaçamentos e densidades de semeadura sobre o desenvolvimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 9, p. 629-634, 1996.

BENNET, J.P., ADAMS, M.W., BURGA, C. Pod yield component variation and intercorrelation in (*Phaseolus vulgaris* L.) as affected by planting density. **Crop Science**, v.17, n.1, p.73-75, 1977.

BINNIE, R. C. & P. E. CLIFFORD. 1999. Sink characteristics of reproductive organs of dwarf bean in relation to likelihood of abscission. **Crop Science**, 39 (4): p.1077- 1082.

BRASIL. **Ministério da Agricultura e Reforma Agrária**. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/feijao/saiba-mais>. Acesso em: 01 junho 2015.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (**Conab**). Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2012/2013. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_01_10_15_07_19_boletim_graos_janeiro_2014.pdf>. Acesso em: 02 de junho. 2015.

CANOVAS, A. D.; TRINDADE, M. da G. Densidade de semeadura de trigo - uma questão de economia. Santo Antônio de Goiás: **Embrapa Arroz e Feijão**, 2003.

CASQUERO, P. A. et al. Performance of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) landraces from Spain in the Atlantic and Mediterranean environments. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 53, n. 05, p. 1021-1032, 2006.

COBUCCI, T., NASCENTE, A. S., MACHADO, A. A., OLIVEIRA, K., CARVALHO, A.B.A. Efeito da densidade de pantio na produtividade do feijoeiro comum, cultivares Pérola e BRS Horizonte. Campinas: **IAC**. 2008.

DIDONET, A.D.; COSTA, J.G.C. População de plantas e rendimento de grãos em feijoeiro comum de ciclo precoce. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.34, n.2, p. 105-109, 2004.

DINIZ, B. L. M. T. Cultura do feijão comum (*Phaseolus Vulgaris* L.) **Universidade Federal do Ceará** – jul. 2006. Fortaleza - CE

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Cultura do Feijão, safra 2005**. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/doc_236_000g3h8tlh502wx5ok0r2ma0np5rl6gi.pdf, acesso em 05/06/2015.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa, 2006. 2a Ed. 306 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Cultura do Feijão, produção de feijão**. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/feijao/arvore/CONTAG01_88_1311200215104.html, acesso em 07/06/2015.

EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO. Cultivo do Feijoeiro Comum. **Sistemas de Produção**, 2 ISSN 1679- 8869 Versão eletrônica. Jan/2003. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/CultivodoFeijoeiro/index.htm>. Acesso em: 01 de abril de 2015.

EPAMIG. Feijão de Alta Produtividade. **Informações técnicas para o cultivo de feijão na Região Sul brasileira** (2 ed., p. 157). Florianópolis. 2012

FERNANDEZ, F., GEPTS, P., . **Etapas de desarrollo de la planta de frijol comun: guia de estudio** (p. 26). CIAT. 1982.

FERREIRA, C., DREHMER, M. H., ZAGONEL, J., OLIVEIRA, V. de., SINGER, M. Espaçamentos entre fileiras e densidades de semeadura em feijão. Disponível em http://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:zNuQyzUWp6gJ:scholar.google.com/&hl=pt-BR&as_sdt=0,5 Acesso em 01/06/2015.

GUIDOLIN, A. F., MEROTTO JUNIOR, A., ENDER, M., SANGOI, L., DUARTEe, I.A. Efeitos do arranjo e da população de plantas sobre o crescimento do feijão em semeadura tardia. **Ciência Rural**, 28(4), 547–551. 1998

HORN, F. L.; SCHUCH, L. O. B.; SILVEIRA, E. P.; ANTUNES, I. F.; VIEIRA, J. C.; MARCHIORO, G.; MEDEIROS, D. F.; SCHWENGBER, J. E. Avaliação de espaçamentos e populações de plantas de feijão visando à colheita mecanizada direta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.1, p.41-46, 2000.

INSTITUTO AGRONOMICO DE PESQUISA DO PARANA - IAPAR.. **Cartas climáticas do Paraná.** Mapa de precipitação Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=863>>. Acesso em: 02 de junho 2015a.

INSTITUTO AGRONOMICO DE PESQUISA DO PARANA - IAPAR. **Cartas climáticas do Paraná.** Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=856>>. Acesso em 02 de junho. 2013b.

INSTITUTO AGRONOMICO DE PESQUISA DO PARANA - IAPAR. **Cultivares desenvolvidas.** Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=1363>>. Acesso em 10 de julho de 2015.

JADOSKI, S.O.; CARLESSO, R.; WOISCHICK, D.; PETRY, M.T.; FRIZZO, Z. População de plantas e espaçamento entre linhas do feijoeiro irrigado. II: rendimento de grãos e componentes do rendimento. **Ciência Rural**, v. 30, n.4, p.567-573, 2000.

JAUER, A. DUTRA, L.M.C. ZABOT, L. Efeitos da população de plantas e de tratamento fitossanitário no rendimento de grãos do feijoeiro comum, cultivar “TPS Nobre” **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.5, p.1374-1379, set-out, 2006.

JAUER, A., DUTRA, L. M. C., LUCCA FILHO, O. A., SANTI, A. L., ZABOT, L., UHRY, D., LÚCIO, A. D. Rendimentos de grãos, seus componentes e características morfológicas do feijoeiro comum cultivado em quatro densidades de semeadura na safrinha . **Ciência Rural**, 33(1), 21–26. 2003

JAUER, A., MARCELO, L., DUTRA, C., ZABOT, L., LUCCA, O. A., LOSEKANN, M. E., LUDWIG, M. P. Growth analysis of bean cultivar Pérola in four sowing densities. **Rev. da FZVA** Uruguaiana, 10(1), 1–12. 2001.

PARREIRA, M. C., BARROSO, A. A. M., PEREIRA, F. C. M., ALVES, P. L.C. A. Modeling of weeds interference periods in bean. **Planta Daninha**, 30(4), 713–720. 2012.

PORRAS, C.A.; CAYÓN, D.G.; DELGADO, O.A. Comportamento fisiológico de genótipos de soya en diferentes arreglos de siembra. **Acta Agronómica**, Palmira, v. 47, n. 1, p. 9-15, 1997.

RAMOS JUNIOR, E. U.; LEMOS, L. B.; SILVA, T. R. B. Componentes da produção, produtividade de grãos e características tecnológicas de cultivares de feijão. **Bragantia**, v. 64, n. 01, p. 75-82, 2005.

- RIBEIRO, N. D., FILHO, A. C., POSSEBON, S. B., HOFFMANN, L. Precisão experimental na avaliação de cultivares de feijão de diferentes hábitos de crescimento. **Ciencia Rural**, 1371–1377. 2004.
- RODRIGUES, O., DIDONET, A. D., TEIXEIRA, M. C. C., ROMAN, E. S. Reguladores de crescimento. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento n. 14**, ISSN 1518-6490- Passo Fundo –RGS, Dezembro, 2003.
- SHIMADA, M.; SÁ, M.E.; ARF, O. Componentes do rendimento e desenvolvimento do feijoeiro comum de porte ereto sob diferentes densidades populacionais. **Bragantia**, v.59, n.2, p.181-187, 2000.
- SILVA, A. O., LIMA, E. A.; MENEZES, H. E. A. Rendimento de grãos de Feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivado em diferentes densidades de plantio. **Revista Fafibe On Line** — n.3 — ago. 2007. Bebedouro- SP.
- SILVA, R. P. et al. Desempenho operacional do conjunto trator-recolhedora-trilhadora de feijão. **Ciência Rural**, v. 38, n. 05, p. 1286-1291, 2008.
- SILVA, H. T.. Morfologia. Agência de Informação Embrapa - Feijão. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/feijao/arvore/CONTAG01_9_1311200215101.html. Acesso em 18 de setembro de 2015.
- SILVA, C. C., MELO, L. C., PELOSO, M. J., DIAZ, J. L. C., FARIA, L. C., COSTA, J. G. C., STÉFANO, J. G. Arranjos Espaciais de Plantas de Feijoeiro Comum de Diferentes Tipos de Crescimento (pp. 1 – 40). Santo Antônio de Goiás. 2008.
- SIMONE, M. de; FAILDE, V.; GARCIA, S.; PANADERO, P.C. Adaptación de variedades y líneas de judías secas (*Phaseolus vulgaris* L.) a la recolección mecanica directa. **Salta : INTA**, 1992. p.5.
- SOUZA, A. B., ANDRADE, M. J. B., MUNIZ, J. A. Altura de planta e componentes do rendimento do feijoeiro em função de população de plantas, adubação e calagem. **Ciência e Agrotecnologia**, 27(6). 2003.
- STONE, L.P., PEREIRA, A.L. Sucessão arroz-feijão irrigados por aspersão. Efeitos de espaçamento entre linhas, adubação e cultivar no crescimento, desenvolvimento radicular e consumo d'água do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, n.6, p.939-954,1994.
- STONE, L. F. SILVEIRA, P. M. da. Limites de competição dos componentes da produtividade de grãos do feijoeiro-comum cv. Pérola. **Biosci. J.**, v. 24, n. 2, p. 83-88, Apr./June. 2008. Uberlândia - MG.
- TEIXEIRA, F. F., M. A. P. RAMALHO & A. F. B. ABREU. Genetic control of plant architecture in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Genetics and Molecular Biology**, 22 (4): p.577-582. 1999.

TEIXEIRA, G. C. S., STONE, L. F., HEINEMANN, A. B. Eficiência do uso da radiação solar e índices morfofisiológicos em cultivares de feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 45(1), 9–17. 2015.

TEIXEIRA, M. G., ARAÚJO, A. P.. Aumento do teor de fósforo em sementes de feijoeiro através da adubação foliar. *Reunião Nacional de Pesquisa de Feijão* 6 (1999): 756-759.

VIEIRA, C. Memórias de meio século de estudos sobre a cultura do feijão. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG (Brazil). 2004. 214 p..

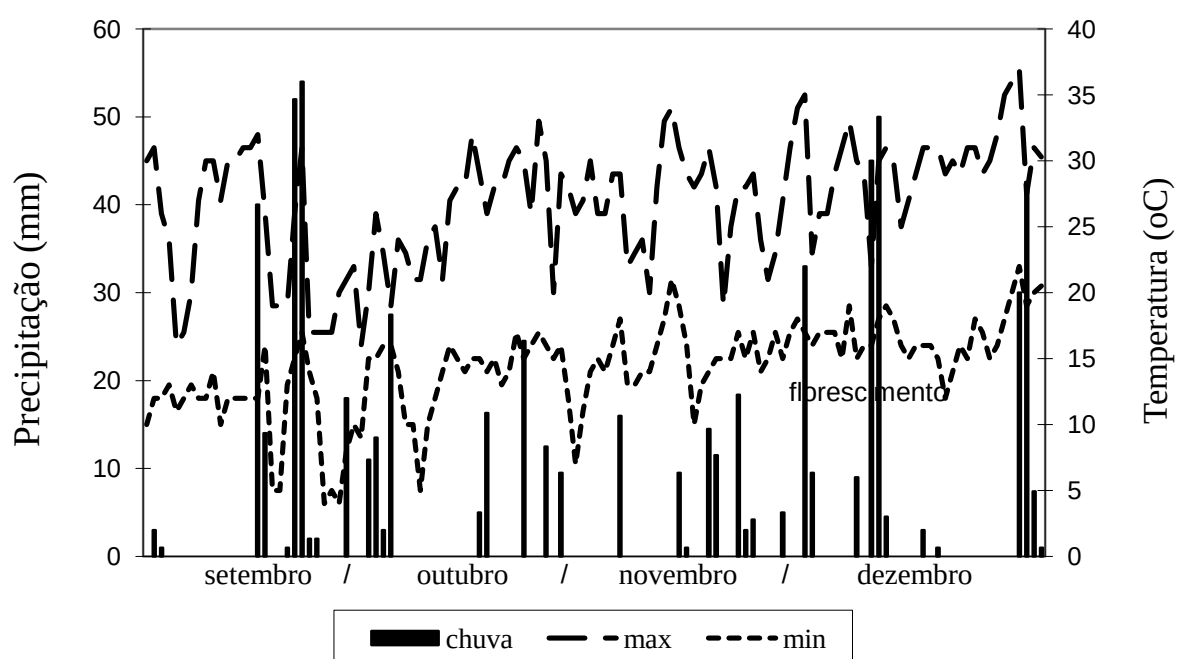
ZILIO, M., MARIA, C., COELHO, M., SOUZA, C. A., CESAR, J., SANTOS, P. (2011). Contribuição dos componentes de rendimento na produtividade de genótipos crioulos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L .) **Revista Ciência Agronômica**, 429–438. 2011.

ZIMMERMANN, M. J. O., ROCHA, M., YAMADA, T. Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade. **Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato**. 1988.

ANEXO 1

Anexo1: Temperaturas máximas, mínimas e precipitação pluvial (mm) registradas no período de setembro a dezembro de 2013, época das águas ou primeira época de semeadura. Ponta Grossa, PR. 2013.

Fonte: IAPAR



ANEXO 2

Anexo 2: Temperaturas máximas, mínimas e precipitação pluvial (mm) registradas no período de janeiro a abril de 2014, época das secas ou segunda época de semeadura. Ponta Grossa, PR. 2014.

Fonte: IAPAR

